COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 NOVEMBRE 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur l'apparition prochaine des Léonides et leur observation aérostatique.* Note de M. **J. Janssen**.

« Je pense que l'Académie apprendra avec intérêt que des mesures ont été prises pour l'observation aérostatique des Léonides.

» Indépendamment des observations qui auront lieu à l'observatoire de Meudon principalement par les soins de M. Deslandres, nous avons concerté avec l'Aéro-Club, pour les nuits des 13-14, 14-15, 15-16 novembre, des ascensions de ballons montés qui s'élèveront aux hauteurs nécessaires pour dominer les nuages ou brumes, s'il s'en produisait, et assurer ainsi l'observation dans tous les cas.

» Ces ballons partiront de la terrasse des Tuileries voisine de la place de la Concorde.

» Le ballon de la nuit du 13-14 sera monté par M. le comte Castillon de Saint-Victor comme conducteur du ballon et par M. Tikhoff, élève de l'observatoire de Meudon, comme observateur, et M. Sénouque comme secrétaire.

» Le ballon suivant sera monté par MM. Jacques Faure comme aéronaute et M. Hansky observateur.

» Enfin, le troisième ballon sera placé sous la conduite de M. le comte de La Vaulx et aura comme observateurs Mlle Klumpke et M. de Fonvielle.

» Nous avons pris les mesures pour assurer la connaissance des hauteurs atteintes et de la marche suivie; cette dernière est obtenue, comme précédemment, par l'emploi de cartes postales jetées en cours de route à des moments déterminés, cartes qui nous sont retournées par les personnes qui les trouvent et sont priées d'indiquer exactement le lieu où elles les ont ramassées.

» Bien que les observateurs aient peu de chance d'assister cette fois à une manifestation abondante de météores, il y a néanmoins un très grand intérêt, pour la connaissance des résultats des perturbations éprouvées par l'essaim, à constater d'une manière certaine et sans lacunes sur le parcours du phénomène l'importance de la manifestation de cette année.

» Je dois remercier ici l'administration des Beaux-Arts et celle du Jardin des Tuileries pour le concours très empressé et très bienveillant qu'elles nous ont prêté en cette circonstance. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les conditions de mise en activité chimique de l'électricité silencieuse*, par M. **Berthelot**.

« Je me propose de rapprocher les faits que j'ai observés, les uns récemment, d'autres il y a quelques années, dans l'étude des réactions chimiques provoquées par l'électricité silencieuse, c'est-à-dire opérant sans décharges explosives, dans trois ordres de conditions en apparence très différentes, telles que :

» 1° L'effluve, développée dans une couche gazeuse placée entre deux surfaces de corps diélectriques, et influencée de part et d'autre, soit par les variations de potentiel que déterminent les décharges d'un appareil

d'induction, ou d'une machine électrique, soit par la différence constante de potentiel des deux pôles d'une pile à circuit non fermé;

» 2° L'électricité atmosphérique, telle qu'elle existe à l'état normal, en dehors des orages et de leurs manifestations explosives; c'est-à-dire les différences de potentiel qui existent, soit entre les différentes couches d'air, soit entre une couche d'air et les corps situés à la surface de la terre;

» 3° L'électricité développée par une inégalité de température, ou par des réactions chimiques, donnant lieu à des différences de potentiel électrique dans les différentes régions d'un système gazeux, constitué soit par un gaz unique, soit par un mélange, ou bien encore entre ce système gazeux et les corps liquides ou solides en contact avec lui, par exemple dans l'appareil désigné sous le nom de *tube chaud et froid*.

» L'assimilation de ces trois ordres de conditions implique la *formation nécessaire des mêmes composés*, toutes les fois que leurs éléments sont traités d'une façon pareille; elle est justifiée, dans les trois cas, comme il va être dit, par la formation de l'ozone et la fixation de l'azote. Je parle ici de faits positifs et constatés, et non de spéculations purement théoriques.

» Ces faits précisent la mise en œuvre chimique de l'électricité atmosphérique silencieuse et ils me paraissent de nature à modifier profondément les interprétations données jusqu'ici de diverses observations relatives aux dissociations et à la prétendue production à haute température de divers corps endothermiques et qui demeurent tels à toute température.

» Les réactions que je vais rappeler sont : la formation de l'ozone par l'oxygène ordinaire, la polymérisation de l'acétylène et sa production aux dépens des carbures plus riches en hydrogène; l'union directe de l'azote libre avec l'oxygène, ou avec les composés hydrocarbonés; la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène, l'azote, et les décompositions inverses; la dissociation de l'acide carbonique en oxydes de carbone et oxygène, etc.

» Les unes de ces réactions, envisagées au point de vue purement chimique, sont endothermiques (ozone, régénération d'acétylène par les autres carbures; décomposition de l'eau, de l'ammoniaque, de l'acide carbonique, synthèse de l'azotite d'ammoniaque); mais l'énergie consommée dans leur accomplissement est fournie par l'électricité de l'effluve. Les autres sont exothermiques (polymérisation de l'acétylène, formation de l'eau, de l'ammoniaque, de l'acide azotique hydraté par les éléments, etc.); l'énergie mise en jeu dans leur formation, même électrique, peut donc être fournie par leurs éléments, tandis que l'électricité joue seulement le rôle

de simple déterminant. Malgré cette opposition, les formations électriques des deux catégories ont lieu dans des conditions analogues.

» Rappelons enfin que les faits qui vont être exposés sont surtout relatifs à la grandeur du *travail préliminaire,* exigé pour que les réactions commencent à s'accomplir sous l'influence de l'effluve électrique. En général, un tel travail est nécessaire lorsque les réactions chimiques sont provoquées par une élévation de température (¹), ou bien par une force électromotrice déterminant l'électrolyse (²); il se retrouve également dans les phénomènes provoqués par l'électricité silencieuse, agissant sans qu'il y ait ni décharge explosive, ni courant électrique proprement dit. C'est la grandeur relative de ce travail préliminaire qui va me permettre de comparer les actions chimiques provoquées par l'effluve des laboratoires, avec les mêmes réactions provoquées par l'électricité atmosphérique, ainsi qu'avec ces mêmes réactions provoquées par les différences de potentiel électrique, qui résultent de l'inégalité de température entre les différentes régions d'un même système gazeux.

I. — Effluve proprement dite (appareils de laboratoire).

» 1. Certaines réactions chimiques ont lieu sous l'influence des tensions électriques les plus faibles : telles sont, par exemple, les réactions qui se produisent au sein d'une couche gazeuse, sous la pression atmosphérique, cette couche étant comprise entre deux lames de verre, dont les surfaces extérieures sont maintenues à une différence de potentiel de 7 volts ; différence déterminée entre les deux pôles d'une pile de 5 éléments Leclanché, *à circuit non fermé*. Une telle condition suffit, d'après mes expériences, pour produire la fixation de l'azote libre sur les hydrates de carbone, ainsi que la transformation de l'oxygène en ozone (³). Ces actions ne transforment d'ailleurs un poids notable de matière qu'au bout d'un temps plus ou moins considérable, comme on devait s'y attendre, en raison de la dose minime d'énergie électrique mise en jeu.

» Notons encore que la formation de l'ozone répond uniquement à une

---

(¹) *Essai de Mécanique chimique,* t. II, p. 6.
(²) *Ann. de Phys. et de Chim.,* 5ᵉ série, t. XXVII, p. 89.
(³) *Essai de Mécanique chimique,* t. II, p. 371 et 383.

chute de potentiel; le signe même, positif ou négatif, de l'électricité dont l'écoulement détermine cette formation ayant peu d'importance, aussi bien que les alternances de ce signe [1].

» La polymérisation de l'acétylène par l'effluve (produisant du styrolène et analogues) commence aussi à des tensions qui ne sont pas très considérables, sans avoir été définies avec autant de précision que les précédentes.

» 2. L'union de l'azote avec l'hydrogène, pour former l'ammoniaque; l'union de l'azote avec l'oxygène, sec ou humide, pour former les acides azotique, azoteux et le peroxyde d'azote, n'ont pas lieu sous de très faibles tensions, ainsi que je l'ai reconnu en 1877 [2]. C'est là une circonstance fort importante pour la préparation de l'ozone : aussi l'industrie a-t-elle tiré parti de cette observation pour obtenir l'ozone exempt de vapeurs azotiques; tandis que l'ozone en est souillé, lorsqu'on a recours aux fortes tensions, et *a fortiori* aux étincelles électriques, pour le préparer au moyen de l'air atmosphérique.

» La formation simultanée de l'acétylène et de l'hydrogène libre, aux dépens des autres carbures d'hydrogène, n'a pas lieu non plus avec de faibles tensions, et il en est de même de la décomposition de l'acide carbonique, avec régénération d'oxygène.

» Au contraire, toutes les réactions que je viens d'énumérer ont lieu lorsque l'on fait intervenir l'effluve produite avec le concours d'une bobine de Ruhmkorff de 50^{cm}, alimentée par 6 à 8 éléments Bunsen.

» 3. J'ai reconnu que la fixation de l'azote libre par les éléments de l'eau, pour former l'azotite d'ammoniaque, exige des tensions plus fortes encore que la formation de l'acide azotique.

» Il convient de rappeler les expériences où j'ai réalisé la fixation de l'azote sur les divers groupes de composés organiques : elle a lieu avec des facilités et une promptitude qui varient suivant les groupes. Mais il suffit de signaler le fait d'une manière générale.

» Poursuivons ces indications, destinées à définir les travaux préliminaires mis en jeu dans les différentes actions chimiques de l'effluve.

» 4. L'union de l'hydrogène et de l'oxygène libres, pour constituer l'eau, exige des tensions notablement plus considérables que la fixation de l'azote

---

(1) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 369.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, p. 448.

sur l'oxygène, ou sur l'hydrogène, ou sur les éléments de l'eau. En effet, en se bornant aux limites de tensions définies plus haut, on peut maintenir l'effluve pendant dix ou douze heures, sans obtenir la combinaison précédente. C'est seulement en réalisant des tensions plus fortes, susceptibles de produire la pluie de feu, que M. Maquenne a observé cette union progressive de l'hydrogène avec l'oxygène.

» 5. Enfin la décomposition de l'eau en ses éléments n'a lieu que sous des tensions surpassant toutes les précédentes et qui se confondent presque avec celles des étincelles proprement dites.

» En exposant les faits précédents, j'ai tâché d'établir une sorte d'échelle des tensions, c'est-à-dire, je le répète, des travaux préliminaires qui déterminent les différentes réactions chimiques accomplies par l'effluve : mon but était de fournir des données propres à comparer les réactions du laboratoire avec celles qui s'accomplissent sous l'influence de l'électricité atmosphérique, et de montrer l'étroit parallélisme qui existe entre les deux ordres d'actions électrochimiques.

II. — Électricité atmosphérique silencieuse.

» Rappelons d'abord les limites entre lesquelles varie la tension de l'électricité atmosphérique silencieuse : elles sont comprises entre un potentiel nul et un potentiel susceptible de s'élever à plusieurs dizaines de milliers de volts ([1]), avant qu'il devienne assez grand pour produire les manifestations éclatantes de la foudre et des éclairs.

» Je citerai seulement les chiffres suivants, que j'ai mesurés à l'aide de l'électromètre Thomson-Mascart, au sommet d'une tour de 28^m, à la station de Chimie végétale de Meudon. J'y ai exécuté, au cours de mes recherches sur la fixation de l'azote par la terre végétale, des déterminations régulières de ce genre, entre le mois d'avril et le mois d'octobre 1885 ([2]).

» Le potentiel a oscillé entre des valeurs moyennes comprises de 600 à 800 volts, par des temps sereins. La chute de la moindre pluie portait ce potentiel vers 12000 à 15000 volts, et au delà, tensions auxquelles on

---

([1]) La quantité même d'électricité mise en jeu sur un point donné pouvant être peu considérable d'ailleurs.

([2]) *Chimie végétale et agricole*, t. I, p. 6 et 45.

observait de petites étincelles dans l'électromètre. Le potentiel de l'air est, comme on sait, à peu près proportionnel à l'altitude au-dessus du sol de la couche atmosphérique étudiée ; ce qui donne 20 à 30 volts par mètre en temps serein. On aurait même 400 à 500 volts et plus en temps de pluie, si la condition de l'air traversé par la pluie pouvait être assimilée à celle de l'air sans pluie, ce que je ne prétends pas d'ailleurs. En tout cas, il est fort élevé dans cette condition.

» Quoi qu'il en soit, ces chiffres donnent une idée de la différence de potentiel qui existe soit entre la pointe supérieure d'une tige dont l'autre extrémité est enfoncée dans le sol, soit entre les sommités d'une plante ou d'un arbre, qui s'y trouve installé, et la couche d'air atmosphérique qui baigne cette pointe, ou ces sommités.

» C'est ici le lieu de faire observer que le potentiel d'une masse d'air en mouvement ne se met pas en équilibre instantanément avec celui des couches d'air, auxquelles cette masse va se mélanger. Il faut pour cela que ce mélange soit accompli en totalité ; ce qui exige un certain temps, surtout dans le cours des mouvements tourbillonnants, comme le montre l'aspect des fumées et des poussières visibles, entraînées à travers une atmosphère transparente. Dans une atmosphère agitée par des courants plus ou moins violents, une masse d'air à haut potentiel, telle qu'elle arrive subitement, d'une grande altitude par exemple, sera dès lors susceptible de déterminer, notamment au contact des objets situés à la surface du sol, des chutes de potentiel considérables et les effets d'effluve correspondants ; surtout si l'on tient compte des productions additionnelles d'électricité, qui peuvent résulter du frottement des molécules gazeuses en mouvement.

» Même au contact des couches d'air les plus voisines du sol, les principes immédiats constitutifs d'une plante de $0^{m},25$ de hauteur sont assimilables à des matières subissant une action électrique de l'ordre de l'effluve déterminée par une différence de potentiel de 7 volts. Or je viens d'établir qu'une telle action, et *a fortiori* celles des masses d'air en mouvement à potentiel plus élevé, sont susceptibles de changer l'oxygène en ozone et de fixer l'azote atmosphérique sur les hydrates de carbone, constitutifs du tissu de la plante. Toutes ces réactions deviendront d'autant plus faciles et produiront des effets d'autant plus intenses, que la taille de la plante sera plus grande et l'agitation de l'air plus considérable.

» J'ai pris soin de vérifier ces conclusions, en opérant avec de la cellulose (papier), enfermée dans des tubes de verre concentriques, remplis d'air et soumis pendant deux mois à l'influence directe de l'électricité

atmosphérique (1); le potentiel de cette électricité dans les tubes ayant varié, d'après les mesures, de 3 à 180 volts environ pendant cet intervalle de temps. La fixation de l'azote sur l'hydrate de carbone mis en expérience s'est effectuée en effet dans ces conditions sous l'influence de l'électricité atmosphérique, comme on pouvait s'y attendre. J'ai également vérifié cette même fixation, ou plus exactement l'accroissement de cette fixation d'azote, en opérant au sein d'une atmosphère à peu près immobile, sur des plantes en pleine végétation, disposées sous des cloches closes dans un champ électrique (2), dont les limites étaient définies par la simple différence de potentiel d'une pile à circuit non fermé.

» L'assimilation entre les effets de l'effluve des laboratoires et ceux de l'électricité atmosphérique silencieuse étant ainsi établie pour un ordre de réactions qui s'accomplit sous de faibles tensions, on ne saurait refuser d'étendre cette assimilation à la formation de l'ozone, laquelle s'accomplit d'une manière nécessaire, dès que les mêmes tensions interviennent : l'identité des conditions physiques impliquant l'identité des réactions chimiques correspondantes. Or on sait que l'existence de l'ozone dans l'atmosphère a été constatée dans un grand nombre de circonstances. Elle s'explique, conformément à ce que je viens de dire, par l'intervention de l'effluve, résultant de la différence de potentiel entre le sol, ou, plus exactement, entre les saillies du sol, ou bien celles des plantes, et les couches atmosphériques en mouvement, qui viennent en contact sans cesse renouvelé avec la surface du sol ou des plantes. Elle est également susceptible d'être déterminée par toute chute brusque de potentiel, survenant par l'effet de quelque action locale ou générale, entre les couches atmosphériques qui ne sont pas en contact avec le sol. Cependant, il convient d'ajouter que le plus souvent l'ozone, ainsi formé sur un point, ne subsiste guère, en raison des actions oxydantes qu'il exerce sur les poussières de l'atmosphère. Pour que sa proportion devienne sensible, il faut le concours de circonstances favorables, telles que l'absence de poussières oxydables et l'existence d'un potentiel un peu élevé, dans les couches amenées par les courants d'air au contact des saillies du sol, ou des extrémités des plantes.

» Cet ozone, pour peu qu'il s'accumule, exerce sur les êtres vivants des actions que je n'ai pas à rappeler ici.

---

(1) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 390.
(2) *Chimie végétale et agricole*, t. I, p. 431-488.

» Les assimilations précédentes étant admises en ce qui touche les réactions déterminées par un faible potentiel, elles s'appliquent *a fortiori* aux réactions de l'électricité atmosphérique qui répondraient à des potentiels plus élevés, quoique inférieurs à ceux qui déterminent la chute de la foudre. L'existence de semblables potentiels et la réalité des phénomènes d'effluve qu'ils sont susceptibles de produire sont attestées par l'existence de l'odeur d'ozone, si sensible dans certaines conditions atmosphériques, et plus encore par les phénomènes bien connus des aigrettes lumineuses, visibles à l'extrémité des mâts et des pointes élevés en l'air (feu Saint-Elme).

» J'ajouterai que des chutes de potentiels aussi considérables que ces dernières et les effluves qu'elles provoquent sont capables de déterminer la formation des composés oxygénés de l'azote, ainsi que celles de l'azotate et de l'azotite d'ammoniaque, composés observés dans les pluies ordinaires, même non accompagnées d'orages ou d'éclairs; sans préjudice, bien entendu, des effets du même ordre qui pourraient être provoqués par les décharges explosives et lumineuses des pluies d'orages. Observons d'ailleurs que la réaction des effluves électriques silencieuses de l'atmosphère terrestre est susceptible de produire des effets bien plus considérables que ceux d'un éclair isolé, en raison de la durée des réactions de l'effluve proprement dite, de leur fréquence et de l'étendue sur laquelle elles entrent en exercice.

» Les effets physiologiques de l'air des hautes montagnes notamment pourraient être attribués à des réactions du même ordre de l'électricité atmosphérique à un haut potentiel, amenée par des courants d'air au contact du corps humain qui se trouve lui-même au potentiel du sol.

» Sera-t-il permis d'ajouter que les effets des effluves de très grande intensité sur les mélanges d'hydrogène et d'oxygène expliqueraient la limitation de la dose d'hydrogène dans l'atmosphère, telle que cette dose a été trouvée par les récentes recherches de notre confrère, M. A. Gautier?

III. — Effluves électriques dans un milieu gazeux a températures inégales.

» C'est un fait bien connu des physiciens que, toutes les fois qu'une inégalité de température se produit entre les différentes régions d'un milieu gazeux, surtout si les gaz y sont en mouvement, il s'y développe des champs électriques, et par conséquent, j'ajouterai : des réactions d'effluves. De semblables effets secondaires sont surtout marqués dans les systèmes qui sont le siège de réactions chimiques directes plus ou moins brusques.

J'ai insisté récemment sur leur réalité et leur importance pour l'étude de la formation de l'acide azotique pendant les combustions vives de l'hydrogène, du soufre et du carbone.

» Sans revenir sur cet ordre de résultats, il est utile de faire observer que des effets électrochimiques analogues se manifestent également, d'une façon nécessaire, dans un système gazeux soumis simplement à l'action de la chaleur, si la distribution de celle-ci n'est pas uniforme, et particulièrement si une variation subite de température, provoquée en un point donné, détermine dans la masse des mouvements rapides et des frottements intenses. Tel est surtout le cas où l'on met une paroi froide en présence de gaz portés à la température du rouge vif, ou du rouge blanc. Au contact de cette paroi froide, il se forme une couche gazeuse isolante; tandis que les couches gazeuses plus éloignées possèdent une conductibilité électrique croissant avec leur température. La couche gazeuse refroidie se trouve dès lors susceptible de jouer le rôle d'une couche diélectrique et, par conséquent, de devenir le siège des actions chimiques d'effluve, telles qu'elles se développent, soit dans les appareils d'induction, soit entre les deux pôles d'une pile à circuit ouvert. Ces actions s'y produiront d'autant mieux que la variation de température sera plus grande et que les transformations chimiques exigeront un potentiel plus faible; condition remplie précisément lors de la transformation de l'oxygène en ozone.

» MM. Troost et Hautefeuille ont observé cette dernière transformation au moyen du tube chaud et froid, lequel réalise précisément les conditions voulues. En effet, un tel tube est continuellement refroidi par une circulation intérieure d'eau froide, tandis qu'il est placé au milieu d'un gaz en mouvement, gaz porté à une très haute température et brusquement ramené au voisinage de zéro. Les gaz aspirés au contact du tube contiennent, en effet, de l'ozone. Or cet ozone est susceptible d'être produit au contact même de la paroi froide, par une réaction d'effluve, sans qu'il soit nécessaire d'en supposer la préexistence au sein des gaz échauffés. La même observation s'applique aux produits obtenus par aspiration des gaz, au sein d'une flamme.

» Cette action d'effluve intervient aussi, à un degré qu'il n'est pas facile de définir, dans les résultats attribués jusqu'ici à la dissociation, je veux parler de ceux qui ont été observés par l'emploi du tube chaud et froid : notamment dans la décomposition de l'acide carbonique en oxyde de carbone et oxygène, décomposition que le seul contact de la paroi froide et

l'effluve électrique résultante sont susceptibles de produire, dès que le potentiel électrique devient notable.

» Sans contester absolument que certains des corps obtenus, au moyen du tube chaud et froid, puissent préexister dans une autre région de l'espace où l'on opère et qui se trouve portée à la plus haute température, cependant on ne saurait contester que cette préexistence demanderait à être démontrée par d'autres méthodes. Il est certain que plusieurs des corps dont il s'agit se produisent réellement en dehors de l'espace échauffé, par les actions électriques mises en jeu dans la couche gazeuse refroidie.

» Ainsi il me paraît démontré par les faits rappelés dans le présent Mémoire qu'un grand nombre des réactions chimiques observées au moyen du tube chaud et froid sont assimilables aux réactions de l'électricité atmosphérique, les unes et les autres étant les mêmes et produites dans les mêmes conditions que les réactions chimiques provoquées par l'effluve des laboratoires. »

BOTANIQUE. — *Sur l'ordre de formation des éléments du cylindre central dans la racine et la tige.* Note de M. GASTON BONNIER.

« Dans ses recherches, devenues désormais classiques, sur la symétrie de structure des plantes vasculaires, M. Van Tieghem a déterminé d'une manière précise les caractères des trois membres de la plante : racine, tige, feuille. On peut résumer dans les phrases suivantes les conclusions de cette étude fondamentale :

» La racine a une symétrie vasculaire par rapport à un axe, et des faisceaux libériens centripètes alternant avec des faisceaux ligneux également centripètes.

» La tige a une symétrie vasculaire par rapport à un axe, et des faisceaux libéro-ligneux à liber externe et centripète, à bois interne et centrifuge.

» La feuille a une symétrie vasculaire par rapport à un plan, et des faisceaux libéro-ligneux qui, dans le limbe, présentent le liber du côté inférieur (ou externe) et le bois du côté supérieur (ou interne).

» Ces trois structures sont comme imprimées par une hérédité lointaine dans les trois membres de la plante. La croissance dans des milieux différents, les adaptations spéciales, qui modifient profondément la nature et

la répartition de tous les tissus, restent sans effet sur les lois de symétrie qui viennent d'être énoncées.

» N'y a-t-il donc aucune relation entre ces trois structures? Les fonctions générales d'absorption de la racine, de conduction de la tige, d'assimilation et de transpiration de la feuille sont-elles sans aucune corrélation avec ces trois dispositions des tissus vasculaires?

» Ce sont là, on le comprend, des questions du plus grand intérêt. Sans avoir la prétention de les résoudre, je me propose simplement d'exposer quelques remarques anatomiques et physiologiques qui me paraissent de nature à mettre les chercheurs sur la voie de la solution.

» Je ne m'occuperai, dans ce qui va suivre, que des plantes Phanérogames, et je commencerai par l'étude comparée de la racine et de la tige.

» 1° *Marche de la différenciation des cellules dans le cylindre central de la racine.* — Un fait important, qu'il est nécessaire de mettre tout d'abord en évidence, c'est l'ordre de différenciation des éléments dans la structure primaire de la racine. La formation du cylindre central ne s'effectue pas d'une manière centripète dans tous ses tissus.

» En effet, considérons des coupes transversales faites dans les parties très jeunes des racines, mais à un niveau où tous les éléments de la structure primaire sont déjà formés (*fig.* 1 et 2), et lorsqu'il n'y a encore de constitué, par faisceau, qu'un vaisseau du bois ou quelques cellules libériennes.

» On peut remarquer alors que les files de cellules non encore différenciées sont disposées en éventail autour du premier vaisseau ligneux ou des premiers éléments libériens. Il s'établit donc comme des centres de différenciation. Pour la commodité des descriptions, j'appellerai *pôles ligneux* les centres de différenciation qui correspondent à l'origine des faisceaux ligneux et *pôles libériens* les centres de différenciation qui correspondent à l'origine des faisceaux libériens.

» Si l'on pratique des coupes transversales dans des parties encore plus jeunes de ces racines, on voit que la marche des cloisonnements correspond d'une façon générale à la formation des files de cellules disposées en éventail.

» D'autre part, en faisant des coupes transversales successives dans des parties de plus en plus âgées, on peut suivre d'une manière précise l'ordre de différenciation de toutes les cellules du cylindre central. Je ne consi-

dère, à ce sujet, que l'achèvement successif de chacun des éléments, quelle que soit la forme de l'état définitif qu'il doit prendre. Au point de vue de la succession des états adultes de chaque élément, peu importe que celui-ci devienne un vaisseau ou une cellule de parenchyme, qu'il devienne une cellule libérienne, un tube criblé ou une cellule quelconque.

» Examinons, par exemple, la file de cellules (*fb*, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11; *fig.* 1). Par la comparaison attentive de coupes de plus en plus

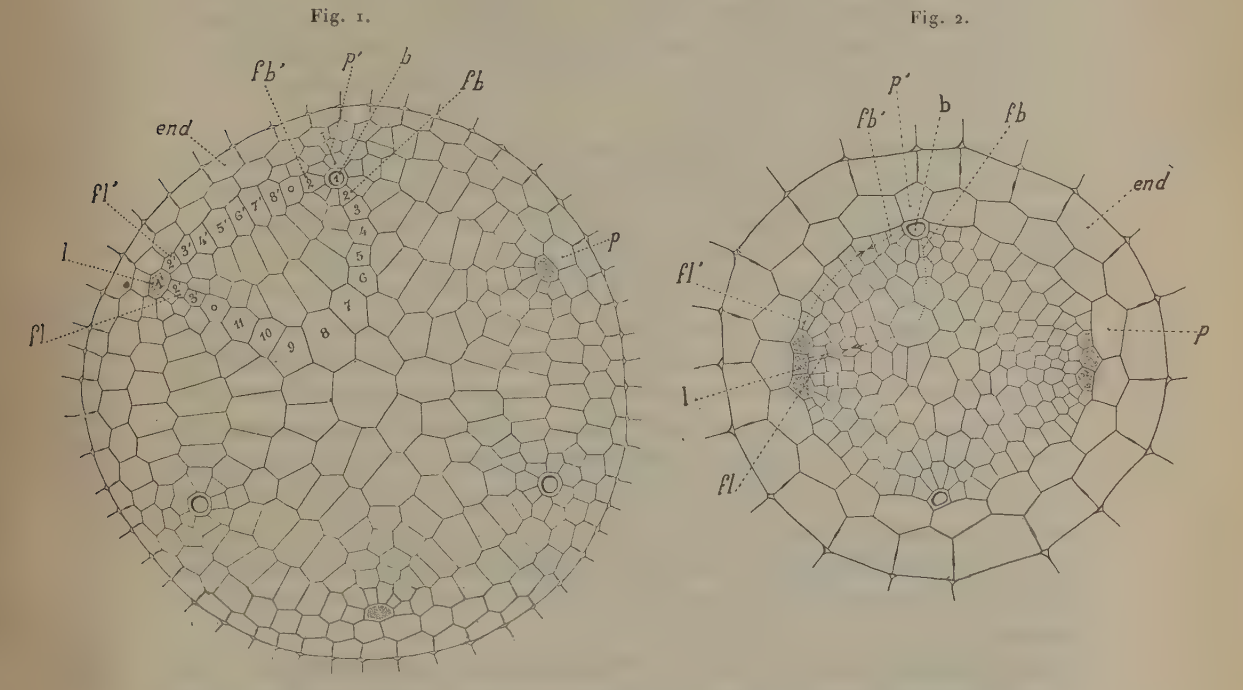


Fig. 1. — Coupe transversale du cylindre central d'une jeune racine à trois faisceaux (*Thalictrum silvaticum*) : *b*, premiers vaisseaux du bois différenciés; *l*, premiers éléments libériens formés; *fb*, *fb'*, files de cellules se différenciant du bois vers le liber; *fl*, *fl'*, files de cellules correspondant aux précédentes, se différenciant du liber vers le bois; l'ordre de différenciation futur des cellules est indiqué par des chiffres, et les cellules marquées d'un petit cercle sont au point de rencontre de deux différenciations opposées; ces cellules, marquées d'un petit cercle, ou bien achèvent de se différencier, ou bien deviennent le point de départ des formations secondaires; *p*, péricycle extralibérien; *p'*, péricycle extraligneux; *end*, endoderme.

Fig. 2. — Coupe transversale du cylindre central d'une jeune racine à deux faisceaux ligneux (*Chenopodium polyspermum*). Les flèches indiquent les directions de différenciation dans deux séries opposées de cellules encore jeunes. (Lettres comme dans la *fig.* 1.)

âgées, on constate que les cellules qui, à leur état jeune actuel, sont presque semblables, se différencieront à partir du pôle ligneux dans

l'ordre indiqué par les chiffres. On voit ainsi que la différenciation définitive des éléments de cette file de cellules est d'abord centripète en 1, 2, 3, 4, 5, 6, oblique ou tangentielle en 7, 8, et devient même *centrifuge* en 9, 10, 11. Or, cette file de cellules, en forme d'U, vient se mettre sur le prolongement d'une autre file d'éléments *fl*, dont la différenciation se produit en sens contraire, à partir d'un pôle libérien voisin, dans l'ordre 1', 2', 3'. Considérons maintenant une autre file de cellules (*fb'*, 1, 2; *fig.* 1); cette file présente un développement tout à fait tangentiel, et vient se placer dans le prolongement d'une file de cellules *fl'* qui se différencie à partir du liber dans l'ordre 1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', et qui est également tangentielle.

» Dans les deux suites d'éléments (*fb*, *fb'* et *fl*, *fl'*) que nous venons de considérer, il y a convergence, vers un point, de deux différenciations opposées. Ce point de rencontre de deux marches inverses se trouve, pour chaque suite d'éléments, dans une cellule (marquée d'un petit cercle sur la *fig.* 1) qu'il est difficile de rattacher à l'une ou à l'autre des deux files. De deux choses l'une : ou bien ce dernier élément achèvera sa différenciation, et l'on dira que le cylindre central conserve une structure primaire; ou bien ce même élément se cloisonnera perpendiculairement à la direction des files qui sont bout à bout, il continuera à se produire de nouveaux éléments suivant les deux mêmes différenciations convergentes, et cela indéfiniment; dans ce dernier cas, on dira que la racine a acquis une structure secondaire.

» La *fig.* 2 représente la section transversale d'une racine binaire, à un état de développement analogue à celui de la racine que nous venons de considérer. Les files de cellules *fb*, *fl* et *fb'*, *fl'*, semblables aux précédentes, sont désignées par des flèches qui indiquent en même temps l'ordre des différenciations.

» Cette marche, que nous venons de suivre dans deux séries d'éléments déterminées, et pour chacune de ces racines, se produit d'une manière analogue dans les files intermédiaires. On peut donc dire que tous les éléments du cylindre central de la racine, suivant des trajets directs ou contournés, se différencient à la fois, à partir du pôle ligneux vers le liber, et à partir du pôle libérien vers le bois.

» Le schéma R (*fig.* 6) indique, dans la racine, la marche de la différenciation dans toutes les files de cellules qui relient les deux moitiés d'un même faisceau du bois à la moitié droite et à la moitié gauche des deux faisceaux libériens voisins.

» En examinant des coupes correspondant à un âge plus avancé, mais néanmoins avant l'apparition des formations secondaires (lorsqu'il doit s'en produire), on peut souvent se rendre compte de la marche de la différenciation, par l'examen d'une seule coupe transversale. Cela est très visible au premier coup d'œil, si l'on considère une file de cellules dont tous les

Fig. 3.

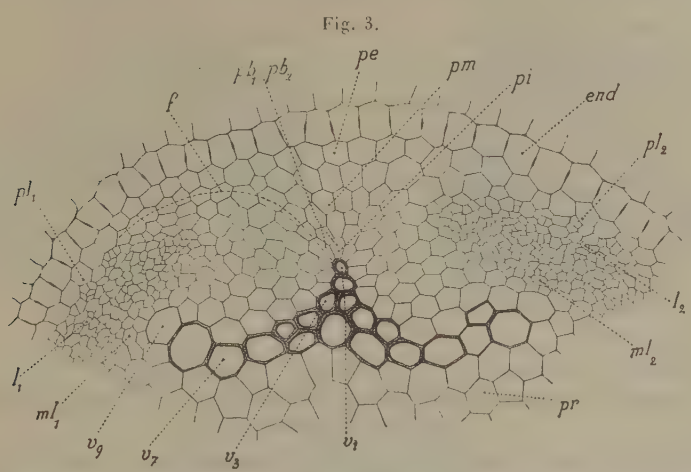


Fig. 3. — Fragment de coupe transversale d'une racine de Ricin (*Ricinus communis*), avant l'achèvement complet de la différenciation des éléments dans la structure primaire : v_1 à v_9, file d'éléments transformés en faisceaux, montrant la marche de la lignification de v_1 à v_9. La direction de différenciation est centripète de v_1 à v_3, tangentielle de v_3 à v_7, centrifuge de v_7 à v_9; pb_1, pb_2, les deux pôles ligneux rapprochés; pl_1, pl_2, pôles libériens; *pi*, partie interne du péricycle, correspondant à la zone périmédullaire de la tige; *pm*, partie moyenne correspondant au rayon médullaire de la tige; *pe*, partie externe, correspondant au péricycle de la tige; l_1, l_2, liber primaire; ml_1, ml_2, métaphloème; *f*, file de cellules correspondant à la limite d'un rayon médullaire de la tige.

éléments deviennent vasculaires. Les divers degrés de la lignification indiquent alors nettement la marche du développement de la file de cellules (*fig.* 3, 4 et 5). On voit que la file des cellules qui se transforment en vaisseaux du bois peut correspondre à une des files profondes et très concaves du schéma R, à une file moyenne et moins concave, ou même parfois à une file tangentielle et convexe. Ces trois cas sont présentés par les racines de la Pulmonaire (*fig.* 4), du Ricin (*fig.* 3) et de la Renoncule (*fig.* 5). Mais, je le répète, peu importe ce que doit devenir chaque élément; la différenciation suit toujours la même marche.

» 2° *Comparaison de la différenciation des éléments dans la racine et dans la tige.* — Comparons maintenant cette structure primaire de la racine à la

structure primaire de la tige de la même plante. Dans la tige, chaque fragment de tissu libéro-ligneux est produit, comme on sait, par une double différenciation qui a pour point de départ, d'un côté le pôle libérien, de l'autre le pôle ligneux, tous deux situés sur un même rayon du cercle que

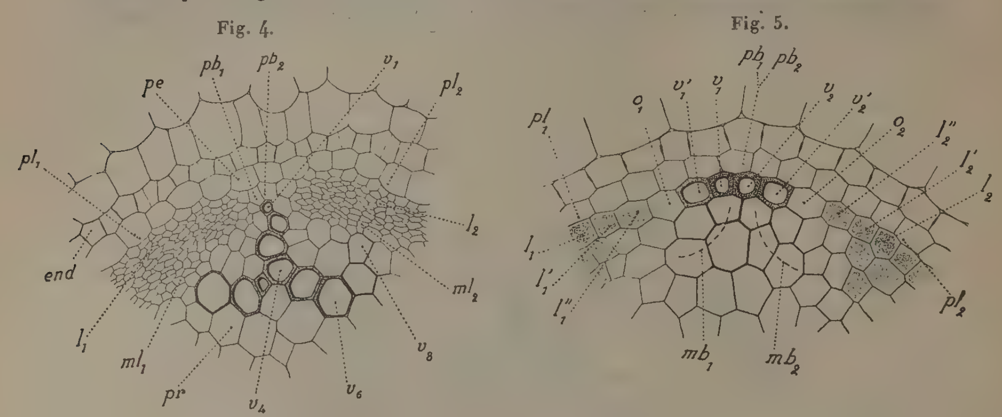


Fig. 4. — Fragment de coupe transversale d'une racine de Pulmonaire (*Pulmonaria officinalis*). (Mêmes lettres que *fig.* 3.)

Fig. 5. — Fragment de coupe transversale d'une racine de Renoncule (*Ranunculus acris*) : v_1, v_2, les deux premiers vaisseaux du bois formés; v'_1, v'_2, vaisseaux qui se différencient ensuite; mb_1, mb_2, vaisseaux non encore formés; l_1, l_2, l_3, et l'_1, l'_2, l'_3, éléments libériens différenciés tangentiellement. (Les autres lettres comme *fig.* 3 et 4.)

forme la coupe du cylindre central. Ainsi que dans la racine, les directions de différenciation des files de cellules s'établissent en éventail à partir du pôle ligneux vers le liber et à partir du pôle libérien vers le bois (voir le schéma T, *fig.* 6).

» Il s'ensuit que l'ordre de différenciation des éléments du cylindre central est exactement le même dans les deux membres de la plante, à cela près que le développement des tissus s'effectue dans la tige suivant un ensemble de lignes régulières symétriques rejoignant deux pôles opposés radialement; et dans la racine suivant un ensemble de lignes régulières mais asymétriques qui relient deux pôles sensiblement placés sur une même circonférence. Mais, dans les deux cas, chaque file de cellules se différencie suivant deux directions opposées, l'une allant vers le liber à partir du premier élément ligneux formé, l'autre vers le bois à partir du premier élément libérien formé. Ces deux directions opposées se rencontrent bout à bout dans le dernier élément différencié de la file considérée, aussi bien dans la racine que dans la tige.

» La juxtaposition des schémas, représentés par la *fig.* 6, met en évidence la comparaison des structures du cylindre central de la tige T et de la racine R, telles qu'elles viennent d'être décrites. Considérons le

Fig. 6.

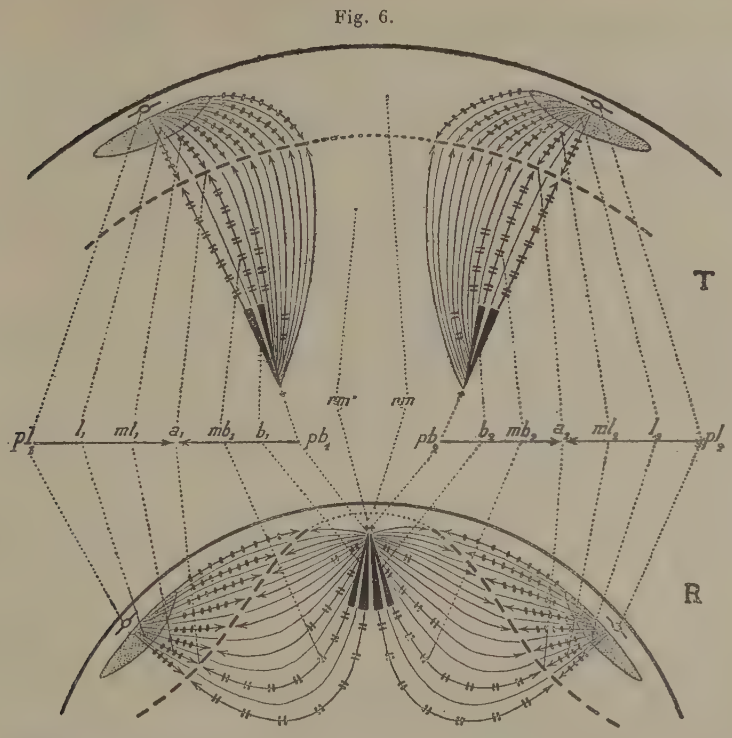


Fig. 6. — Schéma de comparaison du développement des tissus dans la tige T et dans la racine R : pl_1 pl_2, pôles libériens; l_1, l_2, liber primaire; ml_1, ml_2 métaphloème; a_1, a_2, assise où se rencontrent les doubles marches de différenciation indiquées par des flèches; mb_1, mb_2, métaxylème; b_1, b_2, bois primaire; pb_1, pb_2, pôles ligneux; rm, rm', rayons médullaires.

schéma T représentant deux demi-faisceaux libéro-ligneux de la tige pb_1, pl_1 et pb_2, pl_2, séparés par un rayon médullaire rm, rm'. Imaginons que les files de cellules, indiquées par des flèches qui se correspondent, soient flexibles. Si l'on rapproche entre eux les deux pôles ligneux pb_1, pb_2 (marqués chacun d'une petite croix) et qu'on les fasse glisser jusqu'à venir près du bord du cylindre central, en entraînant à leur suite toutes les files de cellules qui en dérivent, on obtiendra le schéma représenté au-dessous (en R, *fig.* 6), c'est-à-dire la structure de la racine. On peut dire, si

l'on veut, que dans la racine il existe ainsi comme deux demi-faisceaux libéro-ligneux approximativement tangentiels qui correspondent à deux demi-faisceaux libéro-ligneux de la tige approximativement radiaux (¹).

» 3° *Conséquences anatomiques résultant des faits précédents.* — Dans la tige comme dans la racine, on a désigné sous le nom de *tissu conjontif* tout le parenchyme qui se trouve dans le cylindre central, reliant entre eux les faisceaux. De plus, on est convenu de distinguer trois régions dans ce tissu conjonctif : le *péricycle* en dehors des faisceaux, les *rayons médullaires primaires* entre les faisceaux et la *moelle* en dedans des faisceaux.

» Si l'on se place au point de vue de la marche du développement des tissus, il est impossible de maintenir cette distinction.

» Je laisse de côté, pour le moment, la question complexe de l'origine de la moelle dans ces deux membres de la plante. Mais considérons ce qu'on appelle un *rayon état médullaire primaire dans la racine;* c'est le tissu, souvent parenchymateux, qui sépare le bois du liber (*fig.* 6, schéma T, entre ml_1 et mb_1 ou entre ml_2 et mb_2, par exemple). Il résulte de tout ce qui a été dit précédemment que ce tissu correspond, dans la tige, à celui qui se trouve aussi entre le bois et le liber (*fig.* 6, schéma T, entre ml_1 et mb_1 ou ml_2 et mb_2, par exemple). Ce tissu ne correspond donc nullement au tissu *rm*, *rm'* du schéma T, qui constitue ce qu'on appelle un *rayon médullaire primaire dans la tige.* On ferait donc une erreur en comparant les rayons médullaires primaires de la racine aux rayons médullaires primaires de la tige. Il est regrettable que deux régions si différentes soient désignées sous le même nom.

» Où faut-il donc chercher dans la racine le tissu qui est équivalent au rayon médullaire primaire de la tige? C'est à la place qui lui correspond au point de vue de l'origine, c'est-à-dire (dans le schéma R) en *rm*, *rm'*; c'est-à-dire dans cette partie du péricycle de la racine qui est extérieure au bois. Cette portion du péricycle de la racine n'est pas comparable à la portion du péricycle qui est située en dehors du liber, quand bien même elle ne comprendrait, comme cela arrive souvent, qu'une seule assise de cellules. En effet, dans la racine, le péricycle extraligneux correspond à la fois au péricycle interfasciculaire de la tige, au rayon médullaire primaire de la

(¹) On sait, d'ailleurs, que les stades intermédiaires entre les deux dispositions sont réalisés dans l'axe hypocotylé de la plantule, mais je ne traite pas ici de cette question.

tige et même, en outre, à une partie de l'assise périmédullaire (voyez *pe*, *pm*, *pi*, *fig.* 4), le tout plus ou moins confondu et condensé en dehors des premiers vaisseaux du bois.

» Considérons maintenant le cas où il doit se produire des formations secondaires. Si l'on adoptait la notion de tissu conjonctif, divisé en péricycle, rayons médullaires primaires et moelle, on devrait dire qu'on voit apparaître l'assise génératrice des tissus secondaires de la racine : dans la moelle (en dedans du liber), dans les rayons médullaires primaires (entre le liber et le bois), dans le péricycle (en dehors du bois). Il semblerait alors que cette assise ne se forme pas dans des tissus semblables à ceux où l'assise correspondante prend naissance dans la tige.

» D'après l'étude qui vient d'être faite, on voit, au contraire, en examinant les schémas T et R (*fig.* 6), que la marche du développement des tissus secondaires est absolument comparable dans les deux membres de la plante considérés. Dans la racine, l'assise génératrice libéro-ligneuse (a_1, a_2, *fig.* 6) s'organise au milieu de tissus qui correspondent exactement à ceux où elle s'établit dans la tige. Le début de ces formations se relie d'une manière insensible à la double marche de la différenciation en sens contraire qui vient d'être décrite dans l'un comme dans l'autre des deux organes. Il existe donc ainsi, dans tous les cas, une continuité parfaite entre les éléments de la structure primaire et ceux de la structure secondaire.

» En somme, il résulte de cette étude que le cylindre central présente le même plan général de structure chez la tige et chez la racine : la constitution et l'ordre de développement des tissus sont les mêmes pour les deux cas. La seule différence réside, comme l'a établi M. Van Tieghem, dans la position des pôles ligneux, qui, dans la racine, sont comme rejetés vers la périphérie du cylindre central. Il s'ensuit que le premier vaisseau formé près d'un pôle ligneux de la racine prend naissance non loin de l'écorce primaire, c'est-à-dire au voisinage de ce tissu régulateur du courant d'eau qui va des poils absorbants aux vaisseaux ligneux. Pour se rendre compte de cette différence, l'hypothèse la plus simple consiste à admettre que, dans la racine, il existe une corrélation entre la disposition du tissu vasculaire et l'absorption de l'eau par ce membre de la plante. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de l'un de ses Membres pour faire partie de la Commission de contrôle de la circulation monétaire, en remplacement de M. *Henri Moissan* dont le mandat expire le 15 novembre 1900 et qui est rééligible.

M. **Henri Moissan** obtient l'unanimité des suffrages.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Molinié** adresse, par l'entremise de M. Wolf, une Note relative à la « Transformation morphologique des vrilles de la vigne en raisins ».

(Commissaires : MM. Van Tieghem, G. Bonnier, Müntz.)

M. **E. Guarini** adresse une nouvelle Note intitulée : « Expérience de télégraphie à un seul fil et sans retour par la terre, par ondes hertziennes et un simple téléphone comme récepteur, en vue de l'application possible à la télégraphie sous-marine dans le but d'augmenter la vitesse de transmission ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **Ant. Cros** adresse un complément à son Mémoire sur « La lumière incolore et les couleurs ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

CORRESPONDANCE.

M. **Duclaux**, en présentant à l'Académie un Volume intitulé « La vie de Pasteur », par M. *René Vallery-Radot*, s'exprime ainsi :

« Dans ce livre, la vie de l'homme et celle du savant, qui ont été si intimement unies l'une à l'autre, sont suivies pas à pas avec un soin

méticuleux, une compétence parfaite dans les questions d'ordre scientifique, et une émotion qui devient communicative. C'est un beau livre qui fait l'éloge de celui dont il parle et de celui qui l'a écrit. »

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la mort de M. l'abbé *Armand David*, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces qui possèdent une série non linéaire de courbes rationnelles.* Note de M. S. **Kantor**, présentée par M. Picard.

« Après les recherches de Nöther et Humbert sur ce sujet, il restait quelque obscurité sur les surfaces où la série des courbes elle-même a un genre p supérieur à zéro. Avec la restriction que l'indice de la série soit 1, un théorème d'équivalence irrationnelle se trouve dans une Note récente de M. Enriques [1] (*Math. Ann.*, t. LII). Je me permets de proposer pour ce théorème une autre démonstration qui montrera de plus que pour $r > 3$ il est impossible de changer birationnellement toute série ∞^{r-2} de courbes rationnelles en une série ∞^{r-2} de droites.

» 1. Si M_{r-1} contient un complexe ∞^{r-2} de l'indice 1 de courbes rationnelles Γ, je les coupe toutes par d'autres M_{r-1}. Ainsi sur chaque courbe Γ un ou plusieurs groupes de points seront marqués qui ont certainement des covariants simultanés quadratiques ou même linéaires ne s'évanouissant pas tous à la fois pour tous les choix des transversales. On obtient donc sur la M_{r-1} donnée des transversales biponctuelles ou même uniponctuelles rationnellement distinctes et elles peuvent être, à cause du « Restsatz », disposées en des systèmes linéaires. En transformant avec ces transversales on obtient une M'_r contenant ∞^{r-2} coniques Γ en série d'indice 1.

» Coupons cette M'_{r-1} par trois R_{r-1} d'un faisceau quelconque en T_1, T_2, T_3, donc chaque conique Γ' en trois couples de points $t_1 t_2$, $u_1 u_2$, $v_1 v_2$ et cherchons la jacobienne pour $t_1 t_2$, $u_1 u_2$ sur Γ'. Elle varie le long d'une troisième biponctuelle à travers les Γ' qui, avec T_1, a deux couples harmo-

[1] J'ai reçu, il y a trois jours, la Note de M. Kantor, qui n'a pu avoir connaissance du Travail de MM. Castelnuovo et Enriques que j'ai communiqué dans la dernière séance. (*Note de M. Émile Picard.*)

niques sur chaque Γ' et elle $(T_{1,2})$ coupe T_1 dans les coïncidences N de la g_2^{r-2} canonique de T_1 et dans celles des intersections de T_1, T_2, qui ne sont pas des couples de cette g_2^{r-2}. Désignons leur ensemble par P. En nous servant de la jacobienne pour T_1, T_3, nous obtenons des variétés $T_{1,2}$, $T_{1,3}$ hyperelliptiques, qui se coupent seulement dans les coïncidences communes de leurs g_2^{r-2} et en des couples de celles-ci et dont les deux couples sur chaque Γ' sont harmoniques.

» 2. Nous pouvons construire évidemment un cône C_{r-1}, dont les génératrices γ forment une série en correspondance (1, 1) avec la série de Γ' sur M_{r-1} et projeter les couples $t_1 t_2$ par les R_{r-1} d'un faisceau sur les γ correspondantes, ce qui fournira une biponctuelle T'_1 sur C_{r-1} dont la g_2^{r-2} a ses coïncidences en N', la projection de N. Mais en faisant la projection de $T_{1,2}$, nous obtenons une biponctuelle $T'_{1,2}$ qui a toutes ses coïncidences en P', projection de P. Au lieu de projeter la deuxième variété $T_{1,3}$, il nous faut construire directement sur C_{r-1} une variété T_h biponctuelle qui a les coïncidences de sa g_2^{r-2} en P' et coupe $T'_{1,2}$ en outre seulement en des couples de sa g_2^{r-2}. Cela exige, comme nous verrons pour $r=3$, la construction d'une $M_{r-1}^n(O^{n-2})$ avec un cône de contact par O, qui est connu sans qu'il soit certain qu'il remplit les conditions nécessaires. Nous nous limiterons donc à $r=3$.

» 3. Sur M_2 nous avons deux courbes $T_{1,2}$, $T_{1,3}$ harmoniques, pour dire ainsi brièvement, sur C_2 la projection de $T'_{1,2}$. Nous cherchons une courbe harmonique à $T'_{1,2}$ qui la touche en P', ses coïncidences de la g_2^1, et la coupe en outre en des couples de g_2^1. Or on peut toujours compléter le groupe P' par un groupe de couples de g_2^1 d'un groupe d'intersection complète avec un cône au sommet O, et, ensuite, construire une $M_2^n(O^{n-2})$ qui a ce cône pour celui des tangentes par O. Cela est possible sans imposer une condition au groupe P' ou au cône. Cette M_2^n, dont l'ordre n se calcule arithmétiquement, coupe C_2 en une courbe T'_g biponctuelle de la situation désirée. En prenant pour T'_g et $T'_{1,2}$ les jacobiennes T'_h sur toutes les droites γ, nous obtenons en $T'_{1,2}$ et T'_h deux courbes harmoniques qui ont leurs coïncidences des g_2^1 en P' seulement et se coupent en outre en des couples des g_2^1 seulement. $T_{1,3}$ et T'_h sont donc en relation (1, 1) algébrique.

» Nous avons deux couples de courbes $T_{1,2}T'_{1,2}$ et $T_{1,3}T'_h$ en relation (1, 1), mais aussi les deux courbes décomposées $T_{1,2}.T_{1,3}$ et $T'_{1,2}.T'_h$ admettent, *d'une manière continue*, une relation (1, 1) algébrique parce que les ramifications des ∞^1 quadruples harmoniqnes sur les γ se correspondent dans les deux relations partielles, dont il a été parlé. Il est donc pos-

sible d'établir entre deux Γ' et γ correspondantes une homographie où les deux quadruples harmoniques se correspondent et pourraient, d'une manière continue, jusqu'à avoir complété une relation (1,1) entre M_2 et C_2.

» De cette façon apparaissent en même temps quatre transformations birationnelles entre M_2, C_2, parce que quatre manières de coordonner les deux quadruples sont possibles. Mais ces quatre transformations sont séparables sans aucune irrationnalité « essentielle ».

» 4. On voit facilement par l'équation $f_0 x_{r+1}^2 + f_1 x_{r+1} + f_2 = 0$, que le cône des tangentes par O à une $M_{r-1}^n(O^{n-2})$, dont nous avons parlé au n° 2, n'est pas général.

» Mais on prouve aussi directement qu'il y a des systèmes ∞^{r-2} de courbes rationnelles et d'indice 1, qui ne peuvent être mis en relation (1,1) algébrique, même irrationnellement, avec un cône C_{r-1}. En effet, il y a, par exemple en R_3, des congruences ∞^2 coniques d'indice 1 qui n'ont point de transversales uniponctuelles, même non irrationnellement. Toute M_3, dont la représentation sur R_3 s'effectue par des surfaces qui traversent biponctuellement les coniques de ce système, sera une M_3 unicursale qui ne permet pas que les ∞^2 coniques sur elle soient changées en les ∞^2 droites d'un cône par une relation (1,1) algébrique. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la série analogue à la série de Lagrange.* Note de M. N. **Bougaïev.**

« En désignant par S_n la valeur de l'intégrale définie

(1) $$S_n = \int_a^z [\varphi(a, x) + \psi(u, x)]^n f'(u)\, du,$$

où z satisfait à l'équation

(2) $$\varphi(a, x) + \psi(z, x) = 0,$$

nous trouvons la relation

(3) $$\frac{dS_n}{da} = n\frac{\partial\varphi}{\partial a}\int_a^z [\varphi(a, x) + \psi(u, x)]^n f'u\, du - [\varphi(a, x) + \psi(a, x)]^n f'a,$$

(4) $$\frac{dS_n}{da} = n\varphi'(a)\, S_{n-1} - F^n f'(a),$$

où

$$\frac{\partial\varphi}{\partial a} = \varphi'(a) = \varphi', \qquad \varphi(a, x) + \psi(a, x) = \mathrm{F}.$$

» L'équation (4) donne la relation

(5) $$\mathrm{S}_{n-1} = \frac{\mathrm{F}^n f'(a)}{n\varphi'} + \frac{1}{n\varphi'}\frac{d\mathrm{S}_n}{da}.$$

» L'équation (5) donne les relations suivantes :

$$\begin{aligned}
\mathrm{S}_0 &= \frac{1}{\varphi'}\mathrm{F}f' + \frac{1}{\varphi'}\frac{d\mathrm{S}_1}{da},\\
\mathrm{S}_1 &= \frac{1}{2\varphi'}\mathrm{F}^2 f' + \frac{1}{2\varphi'}\frac{d\mathrm{S}_2}{da},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
\mathrm{S}_{n-1} &= \frac{1}{n\varphi'}\mathrm{F}^n f' + \frac{1}{n\varphi'}\frac{d\mathrm{S}_n}{da}.
\end{aligned}$$

» Ces relations donnent immédiatement la série

(6) $$\left\{\begin{aligned}
\mathrm{S}_0 = f(z) - f(a) = \frac{1}{\varphi'}\mathrm{F}f' + \frac{1}{1.2}\frac{1}{\varphi'}\frac{d}{da}\left(\frac{1}{\varphi'}\mathrm{F}^2 f'\right)&\\
+ \frac{1}{1.2.3}\frac{1}{\varphi'}\frac{d}{da}\left[\frac{1}{\varphi'}\frac{d}{da}\left(\frac{\mathrm{F}^3 f'}{\varphi'}\right)\right] + \ldots&.
\end{aligned}\right.$$

» En désignant par π, π^2, les opérations

$$\pi = \frac{1}{\varphi'}\frac{d}{da}, \qquad \pi^2 = \frac{1}{\varphi'}\frac{d}{da}\frac{1}{\varphi'}\frac{d}{da}, \qquad \ldots,$$

nous recevons la série

(7) $$\left\{\begin{aligned}
f(z) = fa + \frac{1}{\varphi'}\mathrm{F}f' + \frac{1}{1.2}\pi\left(\frac{\mathrm{F}^2 f'}{\varphi'}\right)&\\
+ \frac{1}{1.2.3}\pi^2\left(\frac{\mathrm{F}^3 f'}{\varphi'}\right) + \ldots + \frac{1}{1.2\ldots n}\pi^{n-1}\left(\frac{\mathrm{F}^n f'}{\varphi'}\right) + \mathrm{R}_n&,
\end{aligned}\right.$$

où

(8) $$\mathrm{R}_n = \frac{1}{1.2.3\ldots n}\pi^n\frac{d\mathrm{S}_n}{da}. \text{ »}$$

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Lignes superficielles apparaissant dans le sciage des métaux.* Note de M. **Ch. Frémont**, présentée par M. Maurice Lévy.

« Quand on scie des métaux laminés ou simplement coulés, tels que le fer, les aciers de toutes nuances, la fonte, le cuivre, le laiton, le bronze, etc., il apparaît, sur les deux faces résultant de ce sciage, des lignes autres que celles qui sont occasionnées par le trait de scie.

» Parfois le relief de ces lignes est sensible au toucher; leur largeur et leur écartement sont variables. Elles apparaissent d'autant plus nettement qu'on les regarde sous une lumière incidente.

» Des lignes analogues se voient aussi dans d'autres opérations mécaniques des métaux, notamment dans le rabotage.

» Les lignes de sciage sont parallèles entre elles et aux profils des deux bords opposés traversés par la scie. Les choses se passent comme si les deux profils étaient transportés par le sciage, parallèlement à eux-mêmes, à des intervalles déterminés et constants.

» Quand les bords opposés dont elles reproduisent le profil sont deux lignes parallèles comme dans une barre à section carrée ou rectangulaire et que le sciage est effectué suivant une direction parallèle à deux


Fig. 1.

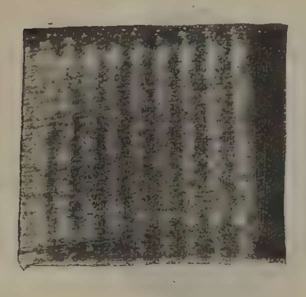
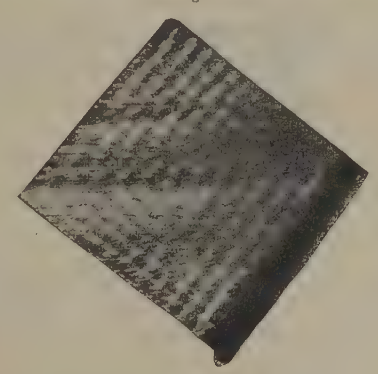


Fig. 2.



des côtés opposés (*fig.* 1), il n'y a qu'un seul système de lignes : ce sont des droites parallèles ayant alors le maximum de largeur.

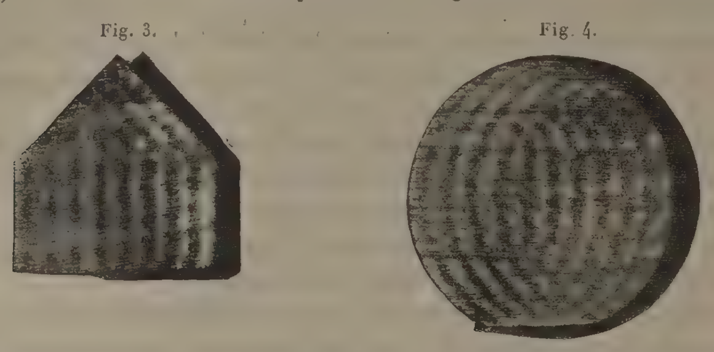
» Si le sciage est effectué dans la même barre, suivant une diagonale de

la section rectangulaire, le profil attaqué par le trait de scie est un angle droit; il y a alors deux systèmes de lignes (*fig.* 2).

» Si la barre est triangulaire il y a deux systèmes de lignes parallèles aux deux côtés du triangle inclinés par rapport au trait de scie.

» Si la barre a pour section un triangle superposé à un rectangle (*fig.* 3), on retrouve les deux systèmes de lignes suivant la même loi.

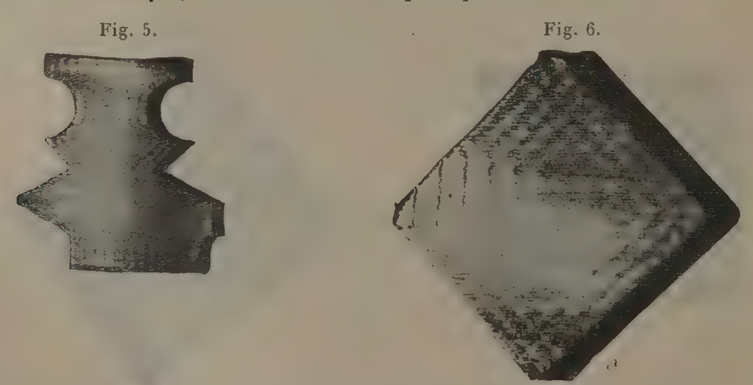
Fig. 3. Fig. 4.



» Quand la barre est cylindrique (*fig.* 4), les deux systèmes de lignes sont composés d'arcs de cercle.

» Quand le profil est complexe, c'est-à-dire composé d'arcs, de lignes droites ou brisées, etc. (*fig.* 5), les deux systèmes de lignes sont toujours des parallèles aux profils des bords attaqués par le trait de scie.

Fig. 5. Fig. 6.



» Il est à remarquer que les deux systèmes de lignes, venant des bords opposés, vont l'un vers l'autre : que les lignes se rencontrent, se coupent et se dépassent; aussi il se voit parfois, près d'un des bords du morceau de métal scié, les traces des lignes provenant du bord opposé.

» Quand les bords opposés sont asymétriques, les deux systèmes de lignes paraissent s'affaiblir en se rencontrant.

» Il peut y avoir, dans certains cas, un troisième système de lignes; ainsi dans la *fig.* 6, représentant le sciage d'une barre à section carrée sciée suivant la diagonale, on voit, en plus des deux systèmes de lignes constatés *fig.* 2, un troisième système produit par un mouvement vibratoire supplémentaire occasionné, semble-t-il, par un serrage élastique de la barre pendant l'opération du sciage.

» Ces lignes sont différentes des lignes de Lüders, car elles sont constantes, régulières, géométriques et de forme déterminée, obéissant toujours à cette même loi d'être parallèles aux profils des bords attaqués par le trait de scie.

» Ces lignes semblent représenter des ondes, résultat d'un mouvement vibratoire. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les expériences de M. Rowland relatives à l'effet magnétique de la « convection électrique »* [1]. Note de M. V. **Crémieu**, présentée par M. H. Poincaré.

« J'ai montré précédemment [2] comment j'étais arrivé expérimentalement à conclure que la *convection électrique* ne produit pas d'effet magnétique. M. Rowland et M. Himstedt [3], en étudiant l'action directe d'un disque tournant chargé sur une aiguille aimantée, sont arrivés à une conclusion inverse. J'ai repris leurs expériences avec un appareil basé sur le même principe.

» Pour cela, le disque d'ébonite doré qui m'avait servi dans mes expériences précédentes a été monté, avec son axe, dans un bâti de bronze dont la *fig.* 1 montre le plan et la coupe.

» Sur les faces internes de ce bâti l'on a vissé des plateaux de laiton *bb* formant l'armature externe du condensateur, dont le disque constitue l'armature interne. Mais pour pouvoir diviser cette armature externe en secteurs isolés, comme la dorure du disque tournant, les faces internes des plateaux de laiton ont été recouvertes de feuilles

---

(1) Travail effectué au laboratoire des Recherches physiques, à la Sorbonne.

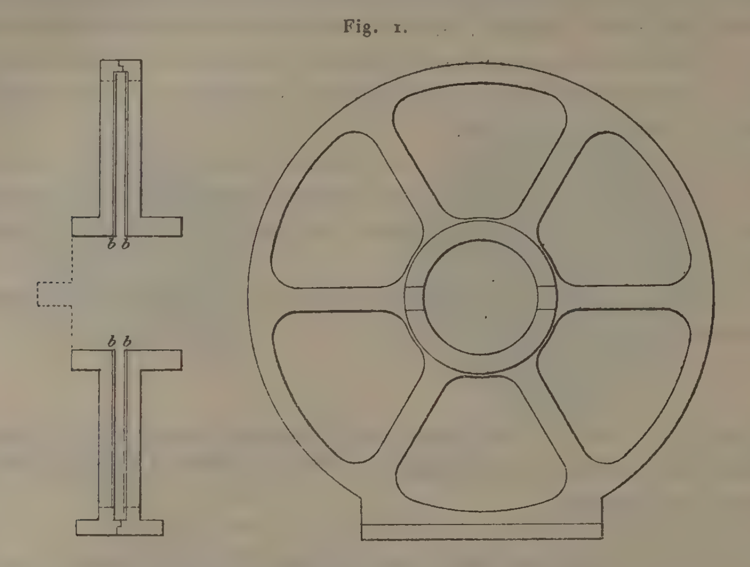
(2) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1544; 1900, et t. CXXXI, p. 578; 1900.

(3) *Pogg. Ann.*, t. CLVIII, p. 487. — *Phil. Mag.*, p. 445; 1889. — *Wied. Ann.*, t. XXXVIII, p. 560; 1889.

minces de mica, sur lesquelles ont été collés des secteurs de papier d'étain séparément reliés au sol.

» Un système astatique, portant un miroir de 4^m de foyer, est suspendu de façon que son aiguille inférieure se trouve au niveau du bord supérieur du disque tournant;

Fig. 1.



elle est parallèle au plan de ce disque et se trouve à 15^{mm} en avant de ce plan. L'aiguille supérieure du système est à 11^{cm} de la première.

» Le disque d'ébonite a 37^{cm} de diamètre. Il est doré à partir d'une circonférence de 17^{cm} de diamètre. Une spire de fil de cuivre, de diamètre calculé égal à celui de la partie moyenne agissante du disque, est fixée dans l'appareil et permet de comparer à chaque instant l'effet du disque tournant à celui d'un courant de conduction équivalent envoyé dans cette spire.

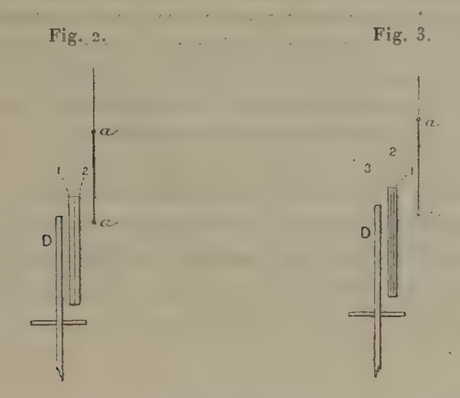
» Les données numériques des expériences étaient les suivantes :

Sensibilité du galvanomètre formé par le système astatique et la spire témoin	2×10^5	à $3,7 \times 10^5$
Densité superficielle électrique sur le disque	1,8	à 4,1 élect. C.G.S.
Intensité calculée du courant de convection	7×10^{-5}	à 5×10^{-4} ampère
Déviations correspondantes calculées	12	à 175^{mm}

» *Or je n'ai pu observer aucune déviation.*

» J'ai d'abord vérifié que ce résultat n'était modifié ni par le mode de charge du disque (étincelle ou balai, axial ou périphérique), ni par un isolement défectueux de celui-ci.

» Il y avait une autre différence entre les dispositifs de M. Rowland et de M. Himstedt et le mien. Dans leurs expériences, le système astatique *aa* (*fig.* 2) se trouve séparé du disque tournant D par des plateaux fixes formés de secteurs d'étain 1 collés sur de l'ébonite ou du verre 2.



Dans mes expériences, le système *aa* (*fig.* 3) est séparé du disque par deux couches métalliques : laiton 1, étain 3, entre lesquelles se trouve la feuille de mica 2.

» J'ai alors remplacé ces plateaux laiton, mica, étain par des plateaux ébonite-étain. Dans ces conditions, j'ai obtenu des déviations réversibles à la fois avec le signe de la charge et le sens de la rotation du disque; leur sens coïncide avec celui que donnerait l'effet magnétique de la convection électrique.

» C'est là le résultat de M. Rowland et de M. Himstedt. Mais le hasard de l'expérimentation m'a permis de constater que ces déviations disparaissent dès qu'on interpose une seconde couche métallique, parallèle et voisine de la couche d'étain, entre le disque et le système astatique.

» *Ces déviations ne sont donc pas dues au champ magnétique du courant continu auquel équivaudrait la convection électrique.* Une plaque métallique ne peut, en effet, ni diminuer ni supprimer l'action magnétique d'un courant continu, comme il est du reste facile de le vérifier dans mes expériences, à l'aide de la spire témoin.

» D'autre part, l'ordre de grandeur de ces déviations s'accorde bien avec celui calculé pour la convection électrique lorsque celles-ci seraient faibles, mais elle n'augmente pas avec les conditions qui feraient croître cette convection. Je n'ai pu, en effet, obtenir plus de 12^{mm} à 14^{mm}, alors même que la convection aurait dû donner 175^{mm}.

» Une étude détaillée, et qui sera publiée plus tard, des circonstances dans lesquelles ces déviations peuvent être obtenues et modifiées semble montrer qu'elles sont dues à une succession très rapide de courants instantanés, qui se produisent dans les secteurs d'étain fixes sous l'action des secteurs chargés du disque tournant.

» Lorsque ces secteurs fixes se trouvent, comme dans les premiers essais que j'ai faits, situés au voisinage d'une plaque conductrice, les courants instantanés développés dans l'étain induisent des courants de sens inverse dans cette plaque. L'effet total sur le système astatique est nul. Mais, si cette plaque n'existe pas, comme dans les expériences de MM. Rowland et Himstedt, l'aiguille aimantée prendra une déviation permanente résultant d'un grand nombre de petites impulsions.

» Le fait important, c'est que le disque tournant chargé ne donne pas de déviations comparables à celles d'un courant continu.

» Il résulte donc bien de ces dernières expériences, comme de celles que j'ai publiées antérieurement, *que la convection électrique ne produit pas d'effet magnétique.* »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dédoublement, par les alcalis, des acétones à fonction acétylénique* (1). Note de MM. **Ch. Moureu** et **R. Delange**, présentée par M. H. Moissan.

« Nous avons montré récemment (2) que les alcalis décomposent l'acétylphénylacétylène avec formation de phénylacétylène et d'acide acétique, d'après l'équation

$$C^6H^5 - C \equiv C - CO - CH^3 + H^2O = C^6H^5 - C \equiv CH + CH^3CO^2H,$$

et que le benzoylphénylacétylène est dédoublé dans les mêmes conditions en acétophénone et acide benzoïque

$$C^6H^5 - C \equiv C - CO - C^6H^5 + 2H^2O = C^6H^5 - CO - CH^3 + C^6H^5.CO^2H.$$

» Nous nous sommes proposé de rechercher : 1° si la décomposition des acétones acétyléniques par les alcalis est un fait général; 2° lequel des deux modes de décomposition (mise en liberté de carbure acétylénique ou d'acétone) s'effectue de préférence.

» Les deux acétones acétyléniques qui précèdent dérivent d'un carbure

(1) École supérieure de Pharmacie de Paris.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1259.

cyclique, le phénylacétylène; les deux nouvelles acétones que nous étudions aujourd'hui ont été obtenues avec un carbure acyclique, l'œnanthylidène (1).

» *Acétylœnanthylidène :* $CH^3 - (CH^2)^4 - C \equiv C - CO - CH^3$. — La potasse en solution aqueuse étendue, qui est sans action sur ce corps à froid, l'attaque rapidement à chaud. On chauffe à reflux l'acétylœnanthylidène (1 mol.) avec de la potasse (3 mol.) dissoute dans dix fois son poids d'eau. Après six heures d'ébullition, on fait passer dans la liqueur devenue jaunâtre un courant de vapeur d'eau, qui entraîne au début une huile légère, douée d'une odeur agréable de bonbons anglais.

» Cette huile est décantée et séchée; après rectification, elle distille presque tout entière entre 148° et 152°; elle répond, d'après l'analyse, à la formule brute $C^7H^{14}O$; traitée par le chlorhydrate de semi-carbazide et l'acétate de soude, elle fournit une semi-carbazone fusible à 121°-123°. Or, la méthylamylcétone (2)

$$CH^3 - (CH^2)^4 - CO - CH^3$$

possède exactement la même odeur et distille au même point; elle nous a donné, en outre, la même semi-carbazone. Notre produit n'est donc autre que la méthylamylcétone.

» La couche aqueuse, séparée par décantation de la méthylamylcétone, sent encore nettement les bonbons anglais. Si l'on en distille le tiers environ, on élimine complètement la méthylamylcétone; en sorte que le résidu est complètement inodore. Dans ce résidu, nous avons caractérisé l'acétone ordinaire par la réaction *immédiate* de l'iodoforme, que ne donne *instantanément* aucune autre acétone. La production de ce corps, d'ailleurs, est nécessairement corrélative de celle d'acide caproïque (voir plus loin la théorie de la réaction); cet acide prend effectivement naissance, ainsi que nous allons le montrer.

» La liqueur alcaline, résidu de l'entraînement desacétones par la vapeur d'eau, contient de l'acide caproïque et de l'acide acétique. Pour le démontrer, après avoir acidulé par HCl, on distille tant que la liqueur qui passe rougit le tournesol, en recueillant à part le premier quart. Cette portion, d'aspect trouble, renferme, sous forme d'une huile légère surnageant le liquide aqueux, presque tout l'acide caproïque, immédiatement reconnaissable à sa forte odeur de rance. On l'agite avec de l'éther, on décante la couche éthérée, et l'on évapore l'éther; le résidu, traité par l'acétate de zinc en solution aqueuse concentrée, fournit aussitôt un abondant précipité blanc, cristallin, qui possède la composition du caproate de zinc et caractérise, par conséquent, l'acide caproïque $CH^3 - (CH^2)^4 - CO^2H$.

» Quant à l'acide acétique, on le met en évidence, dans la liqueur acide distillée ayant passé en premier lieu, en faisant la réaction spécifique du cacodyle.

» D'après ce qui précède, la potasse décompose à l'ébullition l'acétyl-

---

(1) *Comptes rendus*, 29 octobre 1900.

(2) SCHORLEMMER, *Ann. Lieb.*, t. CLXI, p. 279. — BÉHAL, *Ann. Chim. Phys.*, 6e série, t. XV, p. 270. — DESGREZ, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. IX, p. 883.

œnanthylidène, avec production de méthylamylcétone, d'acétone ordinaire, d'acide caproïque et d'acide acétique.

» La production des deux acétones et des deux acides s'explique aisément si l'on admet que l'acétylœnanthylidène, sous l'influence de la potasse, fixe d'abord une molécule d'eau, en donnant l'acétylcaproylméthane $CH^3 - (CH^2)^4 CO - CH^2 - CO - CH^3$; cette dicétone β se dédouble ensuite comme toutes les substances analogues; et, comme elle n'est pas symétrique, que les deux radicaux unis au groupement fonctionnel $- CO - CH^2 - CO -$ sont différents, elle subit simultanément les deux dédoublements possibles, conformément aux équations

a. $$CH^3 - (CH^2)^4 - CO - CH^2 - CO - CH^3 + H^2O$$
$$= CH^3 - (CH^2)^4 - CO - CH^3 + CH^3 - CO^2H,$$
b. $$CH^3 - (CH^2)^4 - CO - CH^2 - CO - CH^3 + H^2O$$
$$= CH^3 - (CH^2)^4 - CO^2H + CH^3 - CO - CH^3.$$

» Faisons observer, comme confirmation de cette manière de voir, que l'acétylcaproylméthane, déjà préparé par nous en hydratant l'acétylœnanthylidène au moyen de l'acide sulfurique ([1]), nous a donné, sous l'action de la soude en solution aqueuse à l'ébullition, les quatre mêmes produits de dédoublement que l'acétylœnanthylidène.

» *Benzoylœnanthylidène :* $CH^3 - (CH^2)^4 - C \equiv C - CO - C^6H^5$. — L'action de la potasse sur le benzoylœnanthylidène est parallèle à l'action de la potasse sur l'acétylœnanthylidène : il y a production simultanée de deux acétones, la méthylamylcétone $CH^3 - (CH^2)^4 - CO - CH^3$ et l'acétophénone $C^6H^5 - CO - CH^3$, et de deux acides, l'acide caproïque

$$CH^3 - (CH^2)^4 - CO^2H$$

et l'acide benzoïque $C^6H^5 - CO^2H$.

» La méthylamylcétone a été séparée de l'acétophénone par le bisulfite de soude, qui s'unit à la première et non à la seconde; chaque acétone a été ensuite identifiée par sa semi-carbazone. On a séparé l'acide caproïque de l'acide benzoïque par entraînement fractionné à la vapeur d'eau ; le premier a été caractérisé par son odeur spéciale et l'analyse de son sel d'argent, et l'acide benzoïque par son point de fusion (121°).

» Comme dans le cas de l'acétylœnanthylidène, la formation des deux acétones et des deux acides s'explique en admettant que le benzoylœnan-

---

([1]) *Comptes rendus*, 29 octobre 1900.

thylidène commence par fixer une molécule d'eau pour donner le benzoylcaproylméthane $CH^3-(CH^2)^4-CO-CH^2-CO-C^6H^5$. Cette dicétone β non symétrique se dédouble ensuite, d'une part en méthylamylcétone et acide benzoïque, de l'autre en acétophénone et acide caproïque.

» *En résumé*, on peut déjà tirer de ces expériences et de celles que nous avons rapportées antérieurement ([1]) une première conclusion : en thèse générale, les solutions d'alcalis bouillantes décomposent les acétones acétyléniques.

» Quant au mode de décomposition, si l'on remarque que le benzoylphénylacétylène, l'acétylœnanthylidène et le benzoylœnanthylidène se dédoublent en produits acides et cétoniques (un seul acide et une seule acétone dans le cas du benzoylphénylacétylène, à cause de la symétrie de la dicétone β correspondante) ([2]), la décomposition des acétones acétyléniques en acides et acétones apparaît comme la règle générale; en sorte que le dédoublement de l'acétylphénylacétylène en phénylacétylène et acide acétique constitue une exception. Il ne sera pas sans intérêt, d'ailleurs, de préparer et d'étudier d'autres acétones acétyléniques, afin de préciser, si possible, dans quels cas s'effectue la décomposition en carbure acétylénique et acide, laquelle demeure jusqu'ici particulière à l'acétylphénylacétylène. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'acide camphorique et les migrations qui s'accomplissent dans sa molécule* ([3]). Note de M. G. **Blanc**.

« Toutes les Notes précédentes que j'ai publiées sur la constitution de l'acide camphorique ont eu pour but principal de démontrer que l'on devait représenter l'acide isolauronolique par le schéma

$$\begin{array}{ccccc} CH^3 & & CH^3 & & \\ & \diagdown\diagup & & & \\ & C & & & \\ CH^2 \diagup & & \diagdown C \diagup CH^3 & & \\ | & & \| & & \\ CH^2 & \text{——} & C - CO^2H & & \end{array}$$

» Comme cet acide dérive de l'acide camphorique par perte des éléments de l'eau et d'oxyde de carbone, on en déduit le plus simplement,

---

([1]) Ch. Moureu et R. Delange, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1259.

([2]) *loc. cit.*

([3]) Laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne.

pour l'acide camphorique lui-même, la formule de constitution

```
       CH³   CH³
          \ /
           C
   CH² /    \ C / CH³
      |      |    \ CO²H
   CH² ———— CH—CO²H
```

» C'est celle qui a été établie autrefois par Bouveault (1), qui a montré, en même temps que moi, qu'elle expliquait convenablement toutes les réactions de cet acide et aussi du camphre (2).

» Cependant, plusieurs objections graves se sont élevées dans ces derniers temps contre cette formule.

» En particulier, les travaux de Lapworth sur la transformation de l'acide homocamphorique en acide camphoronique (3), de Tiemann sur l'acide dihydrocampholénique (4), qui apportent une si forte évidence en faveur de la formule de Bredt, m'ont engagé à vérifier la valeur du raisonnement qui m'avait conduit (5) à la formule de l'acide camphorique, connaissant celle de l'acide isolauronolique.

» Ce raisonnement me paraissant toujours parfaitement exact, il faut en conclure que, si la formule de Bouveault est inexacte, le passage de l'acide camphorique à l'acide isolauronolique se fait en même temps qu'une transposition moléculaire.

» J'ai le premier (6) appelé l'attention sur l'analogie qui me paraissait exister entre les acides campholytique et isolauronolique et les acides α et β campholéniques, relation que j'avais cru démontrer complètement; mais, me rangeant à l'opinion de Walker (7), j'avais momentanément abandonné cette idée et pensé que les acides campholytique et isolauronolique devaient vraisemblablement être considérés comme stéréo-isomères.

» Cependant, pour appuyer ma conviction, et à la demande de M. W.-A. Noyes, j'avais entrepris l'oxydation de l'acide campholytique afin de démontrer directement sa constitution. Ce Travail était terminé quand a paru la Note posthume de Ferd. Tiemann publiée par les soins de

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XVII, p. 990.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XIX, p. 466 et 568 et p. 277, 285, 351 et 699.
(3) *Chem. Soc.*, t. LXXVII, p. 1053.
(4) *Ber.*, t. XXXIII, p. 1929.
(5) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XIX, p. 533.
(6) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXIII, p. 693.
(7) *Chem. Soc.*, t. LXXVII, p. 374.

M. Kerschbaum ([1]). Comme mes expériences, bien que ne portant pas sur le même acide ([2]), sont absolument d'accord avec celles de Tiemann, je n'en donnerai pas le détail; je dirai seulement que je suis arrivé à transformer l'acide campholytique en une lactone (campholytolactone de Tiemann), fusible à 114°-115°, et par oxydation en acide diméthyltricarballylique, fusible à 156°-157°. D'après cela, la constitution de l'acide campholytique doit être représentée par le schéma

```
              CH³   CH³
                 \ /
                  C
                 / \
CO²H.CH (5)  (1)  (2) C — CH³
          |             ||
         CH² (4) —— (3) CH
```

» Cet acide n'est autre chose que l'acide isolauronolique dans lequel le carboxyle occupe la position 5 au lieu de la position 3. Comme il n'est pas possible de supposer qu'un carboxyle puisse cheminer d'une place à une autre dans le noyau, dans la transformation de l'acide campholytique en acide isolauronolique, j'ai pensé à expliquer cette transposition par un mécanisme analogue à celui de la transformation de l'alcool pinacolique en tétraméthyléthylène symétrique : permutation d'un groupe méthyle avec un oxhydrile, puis élimination d'eau. Cette transposition, qui s'applique aussi à la transformation de l'acide α-campholénique en acide β, du chlorure de campholyle en campholène, peut s'exprimer ainsi :

```
        CH³  CH³                          CH³  CH³
          \ /                               \ /
           C                                 C
          / \                               / \      OH
CO²H.CH         C — CH³      →    CO²H.CH        C <
    |           ||                    |          |   CH³
   CH² ——— CH                        CH² ——— CH²
  Acide campholytique.

        CH³  OH                           CH³
          \ /                              |
           C                               C
          / \     CH³                    // \      CH³
→ CO²H.CH      C <           →    CO²H.C        C <
    |          |  CH³                 |          |   CH³
   CH² ——— CH²                       CH² ——— CH²
                                   Acide isolauronolique.
```

([1]) *D. ch. G.*, t. XXXIII, p. 2935.

([2]) Tiemann a oxydé l'acide campholytique actif dérivé de l'acide dihydroaminocampholytique, tandis que je me suis adressé à l'acide inactif dérivé de l'acide isolauronolique par le procédé de Walker et plus commode à se procurer.

» La transposition inverse est possible puisque nous savons, d'après Walker, que l'on peut transformer l'acide isolauronolique en acide campholytique.

» Comme l'acide campholytique est le produit normal de dégradation de l'acide camphorique, tandis que l'acide isolauronolique n'est qu'un produit de transposition, il s'ensuit que le raisonnement de Bouveault, aussi bien que celui de Noyes et le mien, est illusoire et que la formule de l'acide camphorique qui en dérive doit être abandonnée.

» Des développements complémentaires seront fournis dans le prochain *Bulletin de la Société chimique*.

» En terminant, je désire remercier M. Kerschbaum, le distingué collaborateur de Tiemann, de la permission qu'il m'a accordée de publier ces résultats qui viennent, dans l'ordre chronologique, après la publication des siens. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution des composés terpéniques dans le géranium.* Note de M. **Eug. Charabot** (¹).

« J'ai montré déjà les relations qui existent entre les phénomènes spécifiques des deux principales phases de la végétation et les processus suivant lesquels les composés terpéniques se transforment dans la plante, lorsque ces composés sont : des terpènes, des alcools (à l'état libre et à l'état d'éthers composés) et les cétones correspondantes coexistant dans les végétaux. Je me propose maintenant d'étendre le problème au cas d'une huile essentielle, celle de géranium, renfermant, en même temps que deux alcools terpéniques (à l'état libre et à l'état d'éthers), une cétone ne correspondant, d'une façon immédiate, à aucun de ces alcools.

» Les composés alcooliques contenus dans l'essence de géranium sont : 1° le *géraniol* $C^{10}H^{18}O$; 2° un alcool $C^{10}H^{20}O$ qui ne diffère du géraniol que par 2 atomes d'hydrogène à la place d'une double liaison. Cet alcool $C^{10}H^{20}O$ est appelé *rhodinol* par MM. Barbier et Bouveault. Le constituant cétonique de l'essence de géranium est, d'après M. Monnet (brevet pour la préparation du *rhodinol*), identique avec la *menthone* contenue dans l'essence de menthe indigène.

» Un premier échantillon d'huile essentielle a été préparé dans le midi de la France, le 18 juillet 1899, avec des plantes vertes. Le rendement a été de 0,0623 pour 100. Le 21 août, des plantes encore vertes, coupées dans le même champ, ont fourni un second échantillon d'huile essentielle, avec un rendement de 0,048 pour 100. Les plantes de géranium n'avaient atteint leur maturité complète que vers le 15 septembre.

(¹) Travail fait au laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne.

» Voici les résultats de l'étude des deux produits :

	Produit récolté	
	le 18 juillet.	le 21 août.
Densité à 15°	0,897	0,899
Pouvoir rotatoire ($l = 100^{mm}$)	—10°	—10° 16′
Coefficient de saturation des acides	43,8 %	41,0 %
Ether (calculé en tiglate de géranyle)	5,8 »	10,0 »
Alcool libre (calculé en $C^{10}H^{18}O$)	64,0 »	62,1 »
Alcool total	67,8 »	68,6 »

» On voit que : 1° *L'acidité diminue pendant la maturation de la plante;* 2° *Comme dans tous les cas que j'ai passés en revue antérieurement* (*Comptes rendus*, t. CXXIX, CXXX et CXXXI), *l'essence de géranium s'enrichit en éthers pendant la végétation;* 3° *La proportion d'alcool total augmente légèrement et la quantité d'alcool libre diminue, mais moins sensiblement que ne le comporte l'augmentation des éthers,* de sorte que, au cours de l'éthérification, qui s'effectue ici sans déshydratation, une petite quantité d'alcool prend naissance.

» Le dosage de la menthone, effectué par hydrogénation et évaluation de la quantité de menthol formée par suite de cette opération, donne ici des résultats sensiblement trop faibles, mais comparatifs. Voici ces résultats :

	Produit récolté	
	le 18 juillet.	le 21 août.
Coefficient de sap. de l'essence acétylée	208,8	213,5
Coefficient de sap. de l'essence hydrogénée et acétylée	207,1	209,7

» Ces nombres, sans signification absolue, montrent cependant que les échantillons examinés, *qui avaient été préparés avec des plantes vertes,* ne renfermaient pas, ou plutôt ne *pouvaient contenir que de faibles quantités de menthone.*

» En présence de résultats semblables, il était nécessaire d'appliquer la méthode de dosage à un produit provenant de la même récolte, mais préparé après la floraison et la maturation complète des plantes. J'ai obtenu alors les résultats que voici :

Coefficient de sap. de l'essence hydrogénée et acétylée	200
Coefficient de sap. de l'essence acétylée	213,1
Coefficient de sap. correspondant à la menthone	13,1

» Ces nombres permettent de conclure que, dans ce cas encore, *le constituant cétonique prend naissance principalement à l'époque où la plante possède la plus grande activité respiratoire.* Le résultat est donc le même que lorsqu'il s'agit de cétones ou d'aldéhydes existant, dans la plante considérée, à côté des alcools correspondants ou bien succédant à ces alcools au cours de la végétation.

» Il était intéressant, enfin, d'extraire et d'examiner comparativement les portions alcooliques des essences étudiées. Cet examen m'a montré que *la proportion de rhodinol par rapport à celle de géraniol augmente pendant la végétation.*

» *Conclusions.* — Ces observations prouvent que, ici encore, l'éthérification s'effectue au fur et à mesure du développement de la plante. Du fait que la portion alcoolique de l'essence s'enrichit en rhodinol, peut-on conclure que cet enrichissement s'effectue aux dépens du géraniol? Cela me paraîtrait encore téméraire. Toutefois, cette transformation du géraniol en rhodinol, d'après l'équation

$$C^{10}H^{18}O + 2H = C^{10}H^{20}O,$$

paraît assez vraisemblable, d'autant plus qu'elle s'effectuerait dans les parties vertes de la plante qui, on le sait, constituent des milieux très réducteurs. Cette hypothèse concorderait donc à la fois avec les observations d'ordre chimique que j'ai faites, et avec les données physiologiques que nous possédons. D'ailleurs, le passage du géraniol au rhodinol a pu être réalisé *in vitro* par Tiemann (*D. chem. G.*, t. XXXI, p. 2899).

» Enfin, les relations existant entre les composés de la série du menthol et ceux du groupe du rhodinol permettent de concevoir la formation de la menthone aux dépens de ce dernier alcool. MM. Barbier et Bouveault (*Comptes rendus*, t. CXXII, p. 674 et 795) et, plus récemment, M. Bouveault (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXIII, p. 458 et 463) ont démontré, en effet, que la menthone gauche prend naissance par oxydation du rhodinol et par isomérisation spontanée du rhodinal. Ces faits, rapprochés de mes observations sur les tendances que possèdent les composés terpéniques à s'oxyder dans la plante, montrent bien que le rhodinol s'oxyde pendant la végétation pour donner naissance au rhodinal, qui se transforme ensuite spontanément en menthone. D'ailleurs, cette cétone se forme surtout lors de la floraison, époque à laquelle la quantité d'oxygène fixée par les tissus devient notable.

» Ainsi, le fait que les aldéhydes et les cétones prennent naissance notamment dans les organes susceptibles de fixer énergiquement l'oxygène apparaît avec une généralité suffisante. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de l'invertine ou sucrase dans les raisins.* Note de M. V. Martinand.

« Dans le jus de tous les raisins de variétés diverses que j'ai pu me procurer, j'ai constaté la présence d'une quantité notable d'invertine.

» Ces essais ont été faits à l'abri de toute cause d'introduction d'invertine par les

levures qui pouvaient se trouver à la surface des raisins. Les grains de raisin ont été détachés de la grappe, flambés à la flamme du gaz, puis laissés quelques minutes dans une solution au millième de bichlorure de mercure, lavés à l'eau stérilisée et, finalement, écrasés : c'est sur le moût non filtré que j'ai recherché l'invertine.

» Avant de procéder au dosage de la sucrase, j'ai déterminé quelques-unes de ses propriétés utiles à connaître pour faire ce dosage : 1° son action sur le saccharose est maximum à la température de 54-56 degrés centigrades; 2° la dose d'acide acétique que l'on doit ajouter pour que son action soit maximum est comprise entre cinq et treize millièmes; cette diastase ne passe pas à travers les filtres de porcelaine, elle est arrêtée partiellement par les filtres en papier employés dans les laboratoires.

» Ces quelques propriétés la rapprochent de la diastase secrétée par l'*Aspergillus niger* et la différencient nettement de celle secrétée par les levures de vin et de bière.

» J'ai suivi, pour doser cette diastase, la méthode de M. A. Fernbach (1), en prenant la même unité de sucrase, c'est-à-dire celle capable d'intervertir $0^{gr},20$ de saccharose en une heure, à la température de 56°, en présence d'un centième d'acide acétique.

» Voici quelques résultats : l'unité de sucrase se trouve, pour le Jacquez, dans un dixième de centimètre cube de moût; pour la Clairette, dans trois dixièmes; pour le Portugais bleu, dans trente-huit centièmes; pour l'Aramon, dans quatre dixièmes.

» Ces quelques résultats démontrent que la quantité de sucrase contenue dans les raisins est considérable, car elle est capable, dans les conditions de mes essais, d'intervertir, avec le Jacquez par exemple, une quantité de saccharose presque double de la quantité de moût mise en œuvre.

» A la température de végétation de la Vigne et de la fermentation du moût de raisin, à 30°, l'augmentation du sucre interverti est aussi très élevée. Au bout de deux heures, j'ai constaté par centimètre cube de moût une augmentation de $0^{gr},20$ de sucre interverti.

» On la retrouve dans les feuilles de la Vigne : $2^{gr},5$ de feuilles fraîches donnent l'unité de sucrase.

» La sucrase contenue dans le raisin est donc suffisante pour transformer tout le saccharose qui peut s'y trouver, sans que les acides organiques du raisin aient à intervenir.

» MM. Fallot et Michon (2) ont signalé la présence de la sucrase dans le vin. J'ai recherché si elle provenait de la levure ayant produit le vin ou du moût lui-même.

» Si l'on chauffe du moût de Clairette pour détruire la sucrase et qu'on le fasse

---

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, p. 1; année 1900.

(2) *Revue de Viticulture.*

ensuite fermenter, on trouve qu'il ne contient plus que des traces de diastase : 5^{cc} ne donnent qu'une augmentation de sucre interverti de 3^{mgr}.

» Dans le vin fait avec le même moût de Clairette non chauffé, l'unité de sucrase est donnée par onze dixièmes de centimètre cube, tandis que, dans le moût avant fermentation, trois dixièmes de centimètre cube seulement donnent l'unité de sucrase. D'après ces deux essais, la sucrase que l'on trouve dans le vin provient du raisin, et la fermentation diminue la quantité initiale de sucrase au lieu de l'augmenter.

» Cette diastase paraît s'oxyder moins facilement que celles provenant d'autres sources. Car les raisins secs de Corinthe, qui en se desséchant subissent une oxydation assez grande pour que la diastase oxydante qu'ils contiennent disparaisse, renferment cependant une forte dose de sucrase : l'unité pour le moût de raisin sec de Corinthe, après reprise de l'eau de végétation, se trouve dans $1^{cc},2$.

» Cependant la sucrase disparaît complètement dans les vins ayant subi une forte oxydation, comme celle que provoque la maladie de la casse oxydante. Elle est absente aussi dans les vins atteints de maladies microbiennes, telles que la *tourne* et la *pousse*.

» Cette dernière particularité peut permettre de différencier les vins sains, de bonne conservation, d'avec ceux qui ne le sont pas. »

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les anciens cours de l'Aar, près de Meiringen (Suisse)*. Note de M. **Maurice Lugeon**, présentée par M. de Lapparent.

« Le Hasli, c'est-à-dire la vallée supérieure de l'Aar, entièrement taillée dans le granit et dans les gneiss du massif du Finsteraarhorn, s'évase à Innertkirchen sous la forme d'une plaine d'alluvions relativement large. Celle-ci est barrée en aval par une muraille calcaire, le *Kirchet*, que l'Aar traverse par une gorge profonde justement célèbre. Cette barre sépare complètement la vallée du Hasli de la plaine d'alluvions du lac de Brienz; en son point le plus bas elle domine encore la partie d'amont d'une centaine de mètres.

» La résistance à l'érosion d'un tel rempart calcaire apparaît comme un des plus énigmatiques problèmes de la formation des vallées. Il faut que des conditions spéciales aient protégé cette masse striée par les glaciers, et couverte d'abondantes moraines, contre l'action si intense de l'Aar qui, immédiatement en amont, avec le concours de deux torrents latéraux,

l'Urbachwasser et le Triftwasser, a pu creuser dans le gneiss la dépression elliptique à fond plat d'Innertkirchen.

» L'étude détaillée des moraines qui couvrent le Kirchet nous donne l'explication de cette étrange disposition.

» On remarque tout d'abord qu'une dépression suivie par la route est un ancien thalweg que l'on peut démontrer être aussi étroit et aussi profond, sinon plus, que la gorge actuelle. C'est là une gorge interglaciaire, comblée en partie par la moraine. A côté, on peut suivre les traces d'un semblable accident moins évidé, puis une troisième gorge plus fraîche avec des traces de marmites de géants, qui suit parallèlement sur 600^{m} le thalweg actuel. Enfin on peut encore reconstituer une voie transversale qui faisait communiquer à un moment donné deux des gorges comblées avec celle où coule aujourd'hui l'Aar. Par places, d'autres sillons sont visibles; ils sont moins profonds que les précédents, qui tous atteignent au moins le niveau moderne.

» Ainsi la barre du Kirchet a été sillonnée par au moins cinq gorges successives; au lieu d'être un rempart continu, ce n'est plus qu'une masse morcelée.

» Il s'agit là d'un très remarquable phénomène d'*épigénie* ou de *surimposition glaciaire*. Tour à tour les gorges ont été comblées par la moraine, et chaque fois le torrent s'est creusé un nouveau lit profond, peut-être sous-glaciaire, ainsi que l'on en voit souvent lorsque les glaciers se retirent.

» Ces faits nous permettent d'expliquer la conservation énigmatique de la colline calcaire, dont les couches sont en continuité absolue avec celles des flancs de la vallée.

» Pour que cette barre ait ainsi pu se conserver, il suffit que, lors de la fixation de la courbe d'équilibre, une cause quelconque ait momentanément arrêté l'action de l'érosion latérale de la vallée en ce point. Une moraine épaisse a pu jouer ce rôle, et une fissure si fréquente dans les terrains calcaires a pu faciliter, suivant une ligne, l'établissement du cours. C'est alors que les glaciers, réoccupant les lieux au moins cinq fois, arrêtés par la barre naissante, ont comblé les gorges tour à tour, forçant l'Aar à limiter son travail, grâce au déblaiement considérable qu'elle avait à faire des moraines. La rivière ne pouvait alors, dans le nouveau cycle d'érosion où elle entrait, que creuser une nouvelle gorge étroite, de nouveau comblée avant que le torrent ait pu en abattre les parois. En aval et

en amont, le cours étant moins embarrassé, l'Aar a pu creuser une large vallée, et ainsi la hauteur de la barre s'est graduellement accentuée.

» L'apport plus considérable de matériaux sur cet emplacement, plutôt qu'en aval et qu'en amont, s'explique aisément par les deux grands glaciers latéraux qui rejoignaient l'Aar à Innertkirchen. Les moraines réunies sur un espace restreint présentaient à l'emplacement du Kirchet une épaisseur plus localisée, et par conséquent plus considérable, et la barre une fois créée entraînait par elle-même l'arrêt des glaciers, ainsi qu'en témoignent de nos jours les formidables dépôts morainiques qu'on y observe.

» Dans les parties plus élevées du Hasli, des rétrécissements existent souvent en aval des confluences. Ils ont une origine semblable.

» Cette explication s'appuie sur une série d'autres exemples que nous avons observés dans plusieurs vallées alpines, où nous avons constaté une série de stades intérimaires moins frappants, car ils sont moins grandioses, mais où l'on peut voir coupant la barre, sciée en gorge par le cours d'eau, d'anciens thalwegs comblés par les moraines et plus ou moins parallèles au thalweg actuel. L'exemple de Meiringen peut être considéré comme le plus compliqué, mais aussi comme un des plus remarquables phénomènes de surimposition glaciaire des vallées alpines. »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la régénération de l'air confiné, au moyen du bioxyde de sodium.* Note de MM. **Desgrez** et **Balthazard**, présentée par M. Ch. Bouchard. (Extrait.)

« Nous avons eu l'honneur de faire connaître à l'Académie, dans sa séance du 6 février 1899, un procédé de régénération de l'air confiné, au moyen du bioxyde de sodium, et nous avons montré dernièrement (séance du 1er août 1900) que ce procédé est applicable à l'homme : nous avons décrit et fait fonctionner, devant l'Académie, l'appareil qui permet cette application.

» A l'occasion de la récente Note de M. G.-F. Jaubert, insérée aux *Comptes rendus* du 29 octobre dernier, nous sera-t-il permis de faire remarquer que personne n'avait publié cette méthode avant nous.... La Note, invoquée par ce savant comme prise de date et présentée à l'Académie de Médecine le 24 janvier 1899, est relative à un procédé de régénération de

l'air, dont les auteurs n'indiquent nullement le réactif auquel ils ont eu recours.... »

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 12 novembre 1900.

La vie de Pasteur, par René Vallery-Radot. Paris, Hachette et Cie, 1900; vol. in-8°. (Présenté par M. Duclaux. Hommage de l'Auteur.)

Quatre opuscules *sur le phylloxera*, par MM. H. et A. Malbot. Alger, 1895-1896. 4 fasc. in-8°. (Hommage des Auteurs.)

L'aluminium en électricité, par G. Charpentier-Page. (Supplément au n° 10 du journal *L'Électrochimie*, octobre 1900.) 1 fasc. pet. in-4°.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publié par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, t. 98 (1re et 2e partie), nouvelle série. Paris, Imprimerie Nationale, 1900; 2 vol. in-8°.

Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg, t. XXXI, 4e série. T. I. Paris-Cherbourg, 1898-1900. 1 vol. in-8°.

Wissenschaftliche Ergebnisse der Reisen in Madagaskar und Ostafrica in den Jahren 1889-95, von Dr A. Voeltzkow. Bd II, Heft 2. Francfort-sur-le-Mein, 1900; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Grandidier de la part de l'Auteur.)

The second to none ! by Arthur Huehn. Londres, s. d. 1 fasc. in-8°.

Archives italiennes de Biologie, t. XXXIV, fasc. 1. Turin, 1900; 1 fasc. in-8°.

Bulletin du Comité Geologique de Saint-Pétersbourg, t. XVIII, n°s 3 et 10, 1899. Saint-Pétersbourg, 1899-1900; 7 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou, année 1899, n°s 2 et 3. Moscou, 1900; 1 fasc. in-8°.

Mémoires du Comité Géologique, vol. VII, n°s 3 et 4; vol. IX, n° 5; vol. XV, n° 3. Saint-Pétersbourg, 1899; 4 fasc. in-4°.

Physikalische Apparate, MAX KOHL; Preisliste n° 12, 1. Teil. Chemnitz, 1900; 1 vol. pet. in-4°.